Untersuchungen

über

die Endigung der Nerven in den willkührlichen Muskeln

der

Wirbelthiere.

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

zur Erlangung der Doctor-Würde

vorgelegt von

Ernst Fischer

aus München.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

MÜNCHEN 1877.

Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf u. Sohn.

Untersuchungen

über

die Endigung der Nerven in den willkührlichen Muskeln

der

Wirbelthiere.

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

zur Erlangung der Doctor-Würde

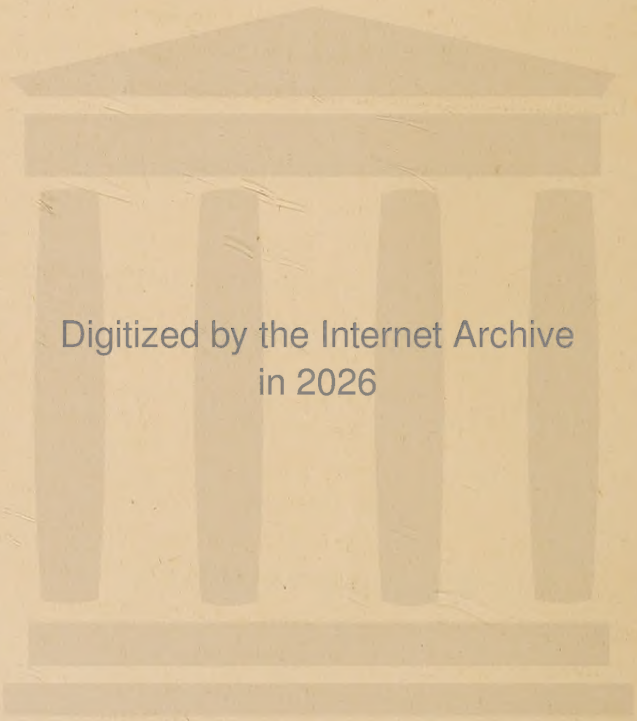
vorgelegt von

Ernst Fischer

aus München.

MÜNCHEN 1877.

Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf u. Sohn.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554608_0034

Historischer Rückblick.

Seit eine Forschung existirt, seit der Mensch sich bemüht, bei den belebten Wesen die Lebens-Vorgänge und deren Ursachen zu ergründen, hat die willkührliche Bewegung der Thiere, diese wohl am meisten in die Augen fallende Erscheinung des Lebens, die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen. Namentlich waren es der Mensch und die höheren Wirbelthiere, welche, als mit dem Ende des 15. Jahrhunderts die Pflege der Naturwissenschaften wieder begann, sehr bald Fragestellung und Untersuchung veranlassten. Nachdem man nemlich die Bewegung vom Willen abhängig sah und an der Hand der beschreibenden Anatomie erkannt hatte, dass überall zu den Muskeln von den Centralorganen des Nervensystems, welche man als den Sitz des Willens anzusehen hatte, eigenthümlich gebildete Stränge verlaufen, denen man auf angestellte Untersuchungen hin eine leitende, die Muskeln zur Thätigkeit anregende Funktion zuschreiben durfte, musste es als ein höchst interessantes Postulat für die Forschung herantreten, das Abhängigkeits-Verhältniss zu ergründen, in welchem nervöse Thätigkeit und Muskelcontraction, die die Bewegung bedingenden Faktoren, zu einander stehen.

Zwei Wege waren es, welche die Untersuchung, um zu diesem Zwecke zu gelangen, einschlug: Auf der einen Seite und zuerst bestrebte sich die physiologische Forschung die in der Thätigkeit von Nerv und Muskel sich aussprechenden Gesetze mit Hilfe des Experiments zu entwickeln, während man auf der anderen Seite, auf dem Gebiete der Morphologie

sich die Aufgabe stellte, zu untersuchen, wie die Nerven in den Muskeln enden. Seitdem die bahnbrechende mikroskopische Forschung in den Nerven und Muskeln als constituirende Elementartheile beiderseits Fasern und zwar von einer verschiedenen, specifischen Beschaffenheit gefunden, lag nun für die morphologische Forschung die Aufgabe in der Weise formulirt vor, klarzustellen, wie die Nervenfaser an der Muskelfaser endet, wie die näheren Beziehungen beider zu einander sich gestalten.

Die ersten in dieser Richtung gelieferten Daten rühren von Prevost und Dumas[1]) her, welche im Jahre 1823 die Ansicht aussprachen, dass die Nervenfasern im Muskel in Form von Schlingen enden, welche der Oberfläche der Muskel-Primitivfasern aufgelagert seien. Diese Annahme von Endschlingen fand ziemlich bald auch in Deutschland gewichtige Vertreter in Valentin[2]) und Emmert[3]) (1836) später in Burdach[4]) (1837) und Carus[5]) (1839) und gelangte hiedurch während der vierziger Jahre zu ziemlich allgemeiner Geltung, wie dies ihre Aufnahme in die Lehr- und Handbücher von Gerber,[6]) Günther[7]) und Carus[8]) beweist.

Der erste, welcher gegen die Endschlingen auftrat, war Schwann,[9]) welcher beim Frosche die Endigung der Muskelnerven untersuchte, sich hiebei aber nicht davon überzeugen konnte, dass die Nerven in Endschlingen auslaufen, sondern dahin sich aussprach, dass er die Nervenfasern bis zu scheinbar freien Enden, bis zu einer Stelle ihres Verlaufs, wo sie unsichtbar wurden, verfolgen konnte. 1843 folgt dann Remak,[10]) welcher angibt, dass er neben

---

[1]) Nr. 1 pag. 322. — [2]) Nr. 2 pag. 106, 107, 117 ff. u. 120, sowie Taf. II. Fig. 1. — [3]) Nr. 3. — [4]) Nr. 4 pag. 73. — [5]) Nr. 5 pag. 367. — [6]) Nr. 8 pag. 157. — [7]) Nr. 12 pag. 422. [8]) Nr. 16 pag. 254. — [9]) Nr. 6 pag. 54. — [10]) Nr. 9 pag. 189 Anm.

den stärkeren Nervenröhren, deren schlingenförmige Umbiegung Valentin als Endschlingen bezeichnete, ein überaus dichtes Maschennetz von sehr zarten Nervenröhren gefunden habe. Aus diesem Ausspruche scheint mir nun hervorzugehen, dass Remak annimmt, die Valentin'schen Schlingen seien nur durch Umbiegung zu Stande gekommen und stellten, da neben ihnen noch ein feineres Nervennetz existire, keine terminalen Gebilde dar. 1844 wurde dann durch E. Brücke und Joh. Müller[1]) die wichtige Entdeckung gemacht, dass die Nervenfasern in den Augenmuskeln des Hechts während ihres Verlaufs zwischen den Muskelfasern ungemein zahlreiche Theilungen erfahren und hiedurch eine sehr grosse Menge feiner Nervenäste entstehen lassen, ein Umstand, wodurch erst erklärbar wurde, dass für die Innervirung eines eine sehr grosse Menge von Muskelfasern enthaltenden Muskels ein relativ wenige Nervenfasern enthaltender Nerve hinreichen d. h. jede Muskelfaser mit einer Nervenfaser versorgen kann.

Diese Befunde von Brücke und Müller erhielten bald ihre eingehendste Bestätigung durch die Arbeiten von R. Wagner[2]) (1846 u. 1847), Stannius[3]) (1849), Köllicker[4]) (1850), und Reichert[5]) (1851), von welchen Autoren Wagner und Reichert jedoch nicht nur das ausgebreitete Vorkommen von Nervenfaser-Theilungen innerhalb der Muskeln auch bei den höheren Klassen der Wirbelthiere bestätigten, sondern auch in Bezug auf die Kenntniss der feineren Verhältnisse der Nervenendigung im Muskel einen Fortschritt anbahnten. Während nun aber Reichert[6]) die Nervenfasern mit spitz zulaufenden Endfäden an der Oberfläche der Muskelfasern aufhören lässt, gibt Wagner[7]) bereits an, dass die Nervenfasern, blasser geworden, unter

---

[1]) Nr. 11 pag. 524. — [2]) Nr. 13 u. Nr. 14 pag. 307. — [3]) Nr. 15. [4]) Nr. 17. — [5]) Nr. 18. — [6]) l. c. pag. 578. — [7]) Nr. 13.

die Hülle der Muskelfasern treten und hier unsichtbar werden. Diese Angabe von Wagner verdient grosse Beachtung desswegen, weil der genannte Forscher damit als der erste den Eintritt der Nervenfaser unter das Sarcolemma beschrieben hat.

Den Befunden Reichert's und Wagner's schliessen sich an die Untersuchungen von Axmann,[1]) welcher 1853 beim Frosche freie Enden der Muskelnerven fand. Mit dem Bekanntwerden der Reichert-Wagner'schen Arbeiten nun wird die Valentin-Emmert'sche Annahme der Endschlingen mehr und mehr verlassen und die Auffassung, dass die Muskelnerven in freien Endfäden ihre Endigung finden, an die Stelle derselben gesetzt. Unter den Autoren, die die Endschlingen als nicht die wahren Endigungen der motorischen Nerven darstellend erklären, ist noch Köllicker zu erwähnen, der schon 1850 in seiner mikroskopischen Anatomie[2]) und dann in seiner Histologie (1.[3]), 2.[4]) und 3.[5]) Auflage) die Valentin'schen Schlingen als durch Anästomosen der letzten Zweige der Muskelnerven zu Stande gekommen erklärt und angibt, dass die die Schlingen bildenden Fasern wahrscheinlich an anderen Orten frei enden. Eine freie Endigung der motorischen Nervenfasern nehmen auch Leydig[6]) und Frey[7]) an, von welchen Autoren der letztgenannte angibt, dass die terminalen Zweige der Muskelnerven mit kurzen, feinen Aestchen endigen, welche auf der Primitivscheide aufhören oder dieselbe durchbohrend, im Inneren des Fadens zwischen dessen Fleischtheilchen auslaufen. Es folgen nun die Publicationen von Schaafhausen[8]) und Beale.[9]) Diese beiden Autoren lassen die Endigung der motorischen Nerven nicht in freien Endfasern, sondern in einem auf der Oberfläche des Sarcolemm's ge-

---

[1]) Nr. 20 pag. 60. — [2]) pag. 240. — [3]) Nr. 19. — [4]) Nr. 23 pag. 200 u. 201. — [5]) Nr. 28. — [6]) Nr. 26. — [7]) Nr. 29. — [8]) Nr. 30. — [9]) Nr. 33 u. 34.

legenen, die Muskelfasern von aussen umspinnenden Netzwerk feiner reichlich mit Kernen versehener Fasern geschehen, eine Annahme, wofür Beale namentlich in zahlreichen Schriften[1]) und sehr lange Zeit (bis 1865) eintrat.

In der bis jetzt besprochenen Periode war, wie man sieht, im Allgemeinen die Ansicht vertreten, dass die Nervenfasern ohne einen besonderen Endapparat einfach an der Oberfläche des Sarcolemm's der Muskelfasern ihre Endigung fänden. Gegen diese Annahme nun macht sich von 1859 an eine zu einer vollkommenen Aenderung der Ansichten führende Reaction geltend, eine Reaction, die allmählich zu den Anschauungen führt, die heute noch, zum grössten Theile wenigstens, als richtig anerkannt sind. Mit dem erwähnten Jahre also beginnt eine neue Epoche in der Geschichte der motorischen Nervenendigung. Diese Epoche hat nun aber, wie zunächst zu erwähnen ist, lange vor dem genannten Jahre ihre Vorläufer. Als der erste von diesen ist Doyère zu erwähnen, der in einer 1840 veröffentlichten Abhandlung über die Tardigraden[2]) die späterhin so wichtig gewordene Entdeckung publicirte, dass bei Milnesium tardigradum die Nervenfasern, an den Muskelfasern angelangt, sich verbreitern und mit dieser Verbreiterung an die Muskelfasern sich anlegen oder dieselben streckenweise umhüllen. Bei asphyktischen Tardigraden hat nach Doyère die terminale Verbreiterung der Nervenfaser ein fein granulirtes Ansehen, durch welches dieselbe von der Muskelfaser sich scharf abgrenzt, während an lebenden Thieren ein Unterschied beider Substanzen nicht wahrnehmbar ist. Diese Entdeckung Doyère's ist desswegen so wichtig, weil sie constatirte, dass bei einem ziemlich nieder organisirten, wirbellosen Thiere allerdings die Be-

---

[1]) Nr. 46, 47, 52, 53, 73, 74, 83. — [2]) Nr. 7 pag. 346 u. 347. Pl. 17 Fig. 1—4.

ziehungen zwischen Nerven- und Muskelfaser in der Weise sich gestalten, dass die Nervenfaser mit einem in Form einer Anschwellung ihrer selbst auftretenden Terminalorgane mit der Muskelfaser in Verbindung tritt, wobei es nach den Worten Doyère's zweifelhaft bleibt, ob bloss ein Contakt oder auch eine Continuität zwischen Nerven- und Muskelsubstanz vorhanden ist. Die Doyère'sche Entdeckung fand bald nach ihrem Bekanntwerden auch für andere Klassen der Wirbellosen durch verschiedene Autoren Bestätigung. Gleiche Verhältnisse der Nervenendigung fanden Quatrefages[1]) bei Mollusken (Eolidina paradoxa), Anneliden und Rotiferen, Köllicker[2]) bei einer Dipterenlarve (Chironomus), Meissner,[3]) Wedl,[4]) Walther[5]) und Munk[6]) bei verschiedenen Nematoden-Arten. Die Verbindung zwischen den Muskelfasern und den mit einer dreieckigen Anschwellung an dieselben sich ansetzenden Nervenfasern geschieht nach den vier letzten der genannten Autoren bei den Nematoden in der Weise, dass eine vollkommene Verschmelzung zwischen Nerven- und Muskelsubstanz stattfindet. An diese Arbeiten schliessen sich an die ersten Untersuchungen von Kühne, welche, in die Jahre 1859 und 1860 fallend, die erwähnte Epoche der Geschichte der motorischen Nervenendigung eröffnen. Die erste Arbeit von Kühne[7]) hat zum Gegenstand die Endigung der Muskelnerven bei Arthropoden (speciell Coleopteren) und kommt zu dem Resultate, dass die Nervenfasern das Sarcolemm der Muskelfasern durchsetzen, indem die Nervenscheide mit dem letzteren verschmilzt, und dieselben dann an die contractile Substanz mit einem hügelartigen Ansatz (dem Nervenhügel) sich anlegen, in welchem sie sich theilen

---

[1]) Nr. 10. — [2]) Nr. 17. — [3]) Nr. 21 pag. 234. Nr. 22 pag. 26. — [4]) Nr. 24 pag. 298. — [5]) Nr. 25 pag. 185. — [6]) Nr. 27. [7]) Nr. 31 u. 32.

und dann in eigenthümlichen, vom Hügel ausgehenden Körnerreihen enden.[1])

Für die Wirbelthiere liefert dann Kühne 1861 die Angaben, dass bei ihnen, wie bei den Coleopteren, die Hülle der Nervenfaser mit dem Sarcolemma verschmelze, der Axencylinder aber mit der contractilen Substanz in unmittelbaren Contakt trete dadurch, dass er sich verbreitere und endlich in eigenthümlichen, kleinen, kernartigen Körperchen endige, welche Kühne peripherische Nervenknospen nennt[2]). Diesen kurzen Angaben, die sich nach Kühne's Mittheilung auf Fische, Amphibien, Vögel und Säugethiere erstrecken, schliesst sich an die genauere Schilderung der motorischen Nervenendigung beim Frosche, die in der ausführlichen Monographie Kühne's: „Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven“[3]) enthalten ist. Die in dieser Arbeit (1862) niedergelegten Resultate sind folgende: Die Nervenfasern dringen, nach Verschmelzung der Schwann'schen Scheide mit dem Sarcolemma, in das Innere des contraktilen Cylinders, verlieren hiebei das Mark und gehen, indem nun Theilungen eintreten, in ein den eigentlichen Terminalapparat vorstellendes System von feinen Axencylindern über, welche der Längsaxe der Muskelfasern parallel verlaufen und endlich frei, mit spitzen Enden, aufhören. Diese Axencylinder, von Kühne als intramusculäre bezeichnet, zeigen noch feinere Structurverhältnisse, indem sie mit kleinen, kernartigen Körperchen, sog. Nervenendknospen, besetzt sind, welche einen über sie wegziehenden, vom Axencylinder sich abspaltenden Faden erkennen lassen, der an der Spitze der Körperchen mit einem kleinen Knöpfchen endet[4]). Wir müssen in diesen Gebilden, welche nach Kühne den motorischen Nervenendapparat des Frosches auszeichnen, die Organe

[1]) Nr. 32 pag. 71 u. 72. — [2]) Nr. 35 pag. 317. — [3]) Nr. 38. [4]) Nr. 38 pag 27.

wieder erkennen, welche nach der vorher erwähnten Abhandlung Kühne's auch bei den anderen Klassen der Vertebraten als Endapparate der motorischen Nerven sich darstellen. Während nun Kühne die erwähnten Nervenknospen für die Amphibien bei seinen fortgesetzten Untersuchungen bestätigt finden und an ihnen feinere Strukturverhältnisse erkennen konnte, kommt er für die anderen Klassen der Vertebraten zu ziemlich negativen Resultaten. Für die Fische behauptet er nur, dass bei ihnen die Nerven in gleicher Weise, wie beim Frosche, endigen, nur kleinere Endknospen besitzen[1]). Für die drei höheren Klassen der Wirbelthiere macht Kühne die sehr unbestimmte Angabe, es sei ihm gelungen, Bilder zu finden, welche denen beim Frosche sehr ähnlich seien[2]). Hieraus erhellt nun, dass Kühne damals anzunehmen geneigt war, es käme die Endigung der Muskelnerven bei den Wirbelthieren allgemein in sogenannten Endknospen zu Stande, Organen, die mit Pacini'schen Körperchen in ihrem Bau einige Aehnlichkeit gehabt hätten. Die über die motorische Nervenendigung beim Frosche gelieferten Angaben Kühne's erfuhren sehr bald entschiedenen Widerspruch. Als der erste Gegner Kühne's ist Margo zu erwähnen, der in einer schon 1861 der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vorgetragenen[3]), 1862 deutsch publicirten[4]) Abhandlung: „Ueber die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelsubstanz" zu der Ansicht gelangte, dass die Endigung der Nerven in einem die Muskelfasern ihrer Länge nach durchziehenden und durch die ganze Dicke derselben sich erstreckenden Netze sehr feiner, hie und da kernartige Anschwellungen tragender Fasern geschehe, die auch mit den Muskelkernen in Verbindung stehen. Margo basirt diese Angaben auf Befunde bei Amphibien und Insecten. —

---

[1]) Nr. 38 pag. 31. — [2]) l. c. — [3]) Nr. 36. — [4]) Nr. 44.

Als zweiter Gegner Kühne's ist Köllicker[1]) zu erwähnen, welcher beim Frosche das von Kühne beschriebene terminale Fasersystem zwar auffand, dasselbe aber an die Aussenfläche des Sarcolemma's verlegte[2]) und die Nervenendknospen Kühne's als einfache Zellenkerne erklärte, welche den Kernen der Nervenscheide ähnlich sind und wahrscheinlich in den Endfasern sitzen[3]). Köllicker bestreitet Kühne gegenüber ferner, dass die Schwann'sche Scheide der Nervenfaser mit dem Sarcolemma verschmelze, dieselbe gehe im Gegentheile auch auf die Endfasern über[4]). In dem wichtigsten Punkte, dem Uebergang der motorischen Nervenfaser in ein mit der Muskelfaser in Verbindung tretendes System freier Endfasern aber stimmt Köllicker Margo gegenüber vollkommen mit Kühne überein. Den Köllicker'schen Anschauungen bezüglich des motorischen Nervenendorgans bei Fröschen treten noch bei: Krause[5]) und Schiff[6]). In Bezug auf die Natur der Nervenknospen tritt auch Frey[7]) auf die Seite von Kühne's Gegnern, indem er dieselben, wie die vorher erwähnten Autoren, für Kerne des Neurilemm's erklärt. Während nun aber alle nach Margo erwähnten Autoren das Vorhandensein eines aus Endfasern zusammengesetzten Terminalapparats bestätigen, worin sich denselben noch Manz[8]) anschliesst, erfahren die Kühne'schen Beobachtungen von anderer Seite vollständige Negirung. Naunyn war es, der in seiner 1862 erschienenen Schrift „Ueber die angeblichen Endorgane der motorischen Nerven“ [9]) Kühne die Entdeckung eines besonderen Terminalapparats an den Muskelfasern des Frosches vollkommen absprach und die intramusculären Axencylinder und die Endknospen als durch eine bei der von

[1]) Nr. 39 u. 43. — [2]) Nr. 39 pag. 2. Nr. 43 pag. 155. — [3]) Nr. 39 pag. 2. Nr. 43 pag. 154. — [4]) Nr. 39 pag. 1. Nr. 43 pag. 153. — [5]) Nr. 42. — [6]) Nr. 48. — [7]) Nr. 49. — [8]) Nr. 45. [9]) Nr. 41.

Kühne angewendeten Praeparations-Methode stattfindende Gerinnung des in dem Nervenrohre enthaltenen Marks entstanden erklärte [1]). Auf dieselbe Weise spricht sich der genannte Autor auch über die Untersuchungen von Köl-liker aus [2]). In welcher Weise aber die Muskelnerven beim Frosche in der That endigen, darüber suchen wir bei Naunyn vergebens einen Aufschluss. Nach der Naunyn'schen Arbeit ist noch der Abhandlung von Peremeschko [3]) Erwähnung zu thun; dieser Autor kommt in Prüfung der Kühne'schen Befunde zu dem Resultate, es seien die Nervenendknospen Muskelkerne und wegen der Beziehung der letzteren zur Entstehung neuer Muskelfasern demnach besser als Muskelknospen zu bezeichnen, die Angaben Kühne's aber überhaupt wegen der unrichtigen Auffassung der Nervenendknospen mit Vorsicht aufzunehmen.

Fassen wir nun die Ansichten zusammen, welche in den nach der erwähnten Hauptarbeit von Kühne erschienenen Schriften niedergelegt sind, so ergibt sich, dass die Mehrzahl der genannten Autoren das terminale Fasersystem von Kühne bestätigen. Während nun aber über die Verhältnisse der motorischen Nervenendigung bei den Amphibien die erwähnte Discussion im Gange ist, bereitet sich auch in Bezug auf die Kenntniss der motorischen Nervenendigung bei den höheren Wirbelthieren, für welche bislang nur die bereits mitgetheilten spärlichen Angaben Kühne's vorlagen, ein gewichtiger Fortschritt vor. Die Reihe der denselben anbahnenden Forscher eröffnet Rouget, der in einer Ende 1862 in den Comptes rendues veröffentlichten Abhandlung [4]) die Entdeckung bekannt gab, dass bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren die Nervenfasern in der Weise an den Muskelfasern enden, dass, nachdem die Nervenfaser-

[1]) l. c. pag. 493. — [2]) l. c. pag. 494. — [3]) Nr. 58. [4]) Nr. 50.

scheide, wie dies Kühne für die Amphibien beschrieben, mit dem Sarcolemm verschmolzen, der Axencylinder in eine aus körniger Substanz mit eingelagerten Kernen bestehende plattenförmige Ausbreitung (plaque terminale) übergeht, welche somit unmittelbar an die contraktile Substanz sich anlegt [1]). Beinahe gleichzeitig mit dem genannten Forscher, aber vollkommen unabhängig von ihm entdeckt dann Krause die gleichen Organe zuerst bei Säugethieren [2]), dann bei Vögeln [3]). Krause bezeichnet dieselben mit dem Namen „Motorische Endplatten", fasst jedoch ihren Bau ganz anders auf, als Rouget. Die Endplatten sind nach ihm flächenhafte, dem Sarcolemm von Aussen aufliegende Gebilde, welche, aus einer körnigen Masse bestehend, aussen von einer die Fortsetzung des Neurilemma's darstellenden Membran umhüllt werden und mit ihrer inneren Grenzfläche, welche ein fein gezähneltes Ansehen zeigt, an die noch vom Sarcolemm umgebene, contractile Substanz sich anlegen. Der granulirte Inhalt ist nach Krause nicht, wie dies Rouget annimmt, in seiner Totalität Ausbreitung des Axencylinders, sondern er enthält erst die eigentliche Fortsetzung der Nervenfasern, bestehend aus blassen, kolbig endenden Terminalfasern. Im gleichen Jahre mit Krause, aber vollkommen selbstständig, macht die Entdeckung der Endplatten auch Engelmann, der sich Rouget darin anschliesst, dass er die Endplatte in ihrer Gesammtheit als eine Fortsetzung der Nervenfaser auffasst und eine intrasarcolemmatöse Lage derselben behauptet, von dem eben genannten Forscher, wie auch von Krause, aber in dem sehr wichtigen Puncte sich unterscheidet, dass er zwischen Endplatte und contractiler Substanz einen substantiellen Uebergang Statt haben lässt [4]). In Bezug auf den motorischen Nervenendapparat der Amphibien gibt Engelmann eine Bestätigung des Vorhan-

[1]) l. c. pag. 548. — [2]) Nr. 51, Nr. 2 pag. 21. — [3]) l. c. Nr. 3 pag. 33. — [4]) Nr. 54, Nr. 57 pap. 24 u. 31 ff.

denseins des von Kühne beschriebenen Fasersystems, lässt die Enden der daselbe bildenden Fasern aber nicht scharf begrenzt sein, sondern in eine mit der contractilen Substanz in Continuität stehende feinkörnige Masse übergehen [1]). Was die von Kühne beschriebenen Nervenendknospen betrifft, so erklärt dieselben Engelmann für Kerne [2]). Noch ist zu erwähnen, dass Engelmann [3]) eine Continuität zwischen contractiler Substanz und dem nervösen Endorgan als allgemeines, für Wirbelthiere wie für Wirbellose geltendes Gesetz annimmt. An Engelmann und Rouget schliesst sich nun noch Waldeyer [4]) an, welcher die Endplatte ebenfalls in ihrer Totalität als Ausbreitung des Axencylinders auffasst [5]), dieselbe aber von der contractilen Substanz scharf gesondert sein lässt [6]) und somit zwischen der letzteren und der nervösen Substanz der Platte nur einen Contakt zugibt [7]). Die intrasarcolemmatöse Lage der Platte nimmt auch Waldeyer an [8]); dagegen bestreitet er, gleichwie Engelmann [9]), das Vorhandensein der von Krause beschriebenen Terminalfasern in den Endplatten [10]). Für den Frosch beschreibt Waldeyer als Endapparat der Nervenfasern nicht ein System von Terminalfasern, wie Kühne, sondern Endplatten von allerdings etwas lang gezogener Form [11]). Da nun Waldeyer auf die Kühne'schen Zeichnungen, als den von ihm gefundenen Verhältnissen der motorischen Nervenendigung beim Frosche entsprechend verweist und angibt, dass in den Endplatten des Frosches breitere und schmälere Stellen abwechseln [12]), scheint er doch das von Kühne beschriebene Fasersystem ebenfalls gesehen und dasselbe als Platte bezeichnet zu haben. Darin weicht Waldeyer sehr we-

---

[1]) Nr. 57 pag. 20. — [2]) l. c. pag. 21. — [3]) l. c. pag. 37. [4]) Nr. 55 u. 67. — [5]) Nr. 67 pag. 244 u. 245. — [6]) l. c. pag. 247. [7]) l. c. pag. 247. — [8]) l. c. pag. 244 u. 246. — [9]) Nr. 57 pag. 30 u. 31. — [10]) l. c. pag. 245. — [11]) l, c. pag. 248 Taf. X Fig. 19. [12]) l. c. pag. 248.

sentlich von Krause ab, der zu gleicher Zeit, in vollkommenem Widerspruch zu seiner ersten Publication über den fraglichen Gegenstand, Endplatten von rundlicher oder ovaler Form beim Frosche beschrieb [1]). Diese Endplatten sollten ihrem Bau nach den Endplatten der höheren Wirbelthiere vollkommen entsprechen und können, nach den Zeichnungen Krause's, mit dem von Kühne beschriebenen Fasersystem nicht in Beziehung gebracht werden. — An die Arbeit Waldeyer's sich anschliessend ist jetzt die Abhandlung Kühne's zu erwähnen, welche 1863 im 27. Bande des Virchow'schen Archiv's erschien [2]). In dieser Schrift gibt Kühne in vollkommenem Anschluss an die von Rouget, Engelmann und Waldeyer vertretene Anschauung an, dass die Endplatte in ihrer Gesammtheit als eine Fortsetzung des Axencylinders zu betrachten sei [3]) und demnach die Angabe Krause's, dass in derselben noch besondere, kolbig endende Terminalfasern als die factischen Endorgane der Nervenfasern sich befinden, unrichtig sich verhalte [4]). In Bezug auf die Lage der Endplatte unter dem Sarcolemm und den Uebergang des Neurilemm's in's Sarcolemm schliesst sich Kühne vollkommen den Angaben der drei oben erwähnten Autoren an. In Betreff der motorischen Nervenendigung beim Frosche tritt Kühne in der erwähnten Abhandlung ferner den Angaben von Beale und Köllicker entgegen und bestreitet vor allem die Richtigkeit des von dem letztgenannten Autor gelieferten Nachweises, dass die Nervenendknospen Zellenkerne seien [5]). Damit hält Kühne den übereinstimmenden Angaben von Köllicker, Krause, Schiff, Frey, Engelmann, Waldeyer und Peremeschko gegenüber an der nervösen Natur der fraglichen Organe fest, gibt ihnen aber einen anderen Namen, den von „Besatz-

[1]) Nr. 64 pag. 11 Taf. I u. II Fig. 1—7. — [2]) Nr. 59. [3]) Nr. 59 pag. 512 u. 520. — [4]) l. c. pag. 513 ff. — [5]) l. c. pag. 526 ff.

Körperchen“ [1]), welcher die Annahme einer nervösen Natur in geringerem Maasse ausdrückt. —

Es folgen nun Arbeiten von Letzerich [2]), Cohnheim [3]) und Axel Key [4]). Der erstgenannte Autor, von dessen Arbeiten mir nur ein kurzes Referat im medizinischen Centralblatt zugängig war, nimmt, wie die meisten der bis jetzt erwähnten Forscher an, dass Neurilemm und Sarcolemm verschmelzen und die Endorgane der motorischen Nerven somit intrasarcolemmatös gelegen seien. Was die letzteren betrifft, so lässt er den Axencylinder an der contractilen Substanz in zwei- oder dreitheilige Massen übergehen (Säugethiere, Amphibien). Cohnheim gibt eine durch Anwendung der Silbermethode erhaltene Bestätigung der Kühne'schen Angaben betreffs der motorischen Nervenendigung beim Frosche und findet hiebei auch die von Kühne beschriebenen, feineren Strukturverhältnisse der sogenannten Nervenendknospen bestätigt, während Axel Key [5]), der auch am Frosche arbeitete, eine zwischen den das terminale Fasersystem bildenden Fasern sich findende feinkörnige Substanz beschreibt. Für den Frosch liefert dann Rouget [6]), der in seiner ersten Arbeit in Bezug auf die motorische Nervenendigung bei diesem Thiere den Anschauungen Köllicker's sich angeschlossen [7]), die Angabe, dass die Nervenfasern in der Weise an den Muskelfasern endigen, dass der Axencylinder an der Oberfläche der contractilen Substanz einfach stumpf aufhört, während das Neurilemm mit dem Sarcolemm verschmilzt.

Es folgt nun die für unseren Gegenstand überaus wichtige Arbeit von Kühne, die 1864 kurz in den Comptes rendues [8]), ausführlich in Virchow's Archiv Bd. 29 [9]) er-

---

[1]) l. c. pag. 529. — [2]) Nr. 60 u. 61. — [3]) Nr. 62. — [4]) Nr. 63. [5]) Nr. 63 (Referat). — [6]) Nr. 66. — [7]) Nr. 50 pag. 551. — [8]) Nr. 68. [9]) Nr. 70.

schien und deren Resultate auch den Gegenstand der späteren, von dem genannten Autor im Virchow'schen Archiv und in Stricker's Handbuch der Gewebelehre publicirten Abhandlungen[1]) bilden. Das Gesammtresultat der in diesen Schriften niedergelegten Untersuchungen Kühne's ist, dass nicht die ganze Endplatte, wie Rouget, Engelmann, Waldeyer und Kühne selbst in seiner ersten Arbeit über die Endplatten angenommen hatten, als Endausbreitung des Axencylinders aufzufassen sei, sondern dass dieselbe nur die Umhüllung sei für eine zweite Platte, welche, als die reelle Fortsetzung der Nervenfaser, als Endplatte im eigentlichen Sinne zu bezeichnen sei.[2]) Dadurch zerfällt das den Ansatz der Nervenfaser an die Muskelfaser darstellende Gebilde, welches die vorher erwähnten Autoren als Endplatte bezeichneten, in 2 Theile, einen äusseren homogenen, vorgestellt von der eigentlichen Endplatte, und einen inneren granulirten, den Kühne als Rest protoplasmatischen Bildungs-Materials betrachtet und als Plattensohle bezeichnet.[3]) Im Gegensatze zu der eigentlichen Nervenendplatte schlägt Kühne das von den Autoren als Endplatte bezeichnete Nervenansatz-Gebilde mit dem Namen „Nervenhügel" zu bezeichnen vor.[4]) Die eigentliche Endplatte wird nun nach Kühne dadurch gebildet, dass der Axencylinder sich zu einer aus anastomosirenden Fasern gebildeten, gefensterten Platte ausbreitet[5]), welche manchmal aber durch mehr isolirt verlaufende, geschlängelte Bänder mit gelappten Rändern und kolbigen Endigungen ersetzt wird.[6]) Diese Endplatte stellt, wie Kühne durch Anwendung von Osmium-Säure nachweist, allein eine Ausbreitung des Axencylinders, ein markloses Nerven-Gebilde dar.[7])

[1]) Nr. 72, 82 u. 100. — [2]) Nr. 70 pag. 437 u. 438. Nr. 72 pag. 209. Nr. 100 pag. 159. — [3]) Nr. 100 pag. 159. — [4]) Nr. 72 pag. 209. — [5]) Nr. 72 pag. 213. — [6]) Nr. 70 pag. 440. — [7]) Nr. 82 pag. 421.

Was nun noch den Standpunkt betrifft, den Kühne den Angaben Krause's gegenüber einnimmt, welcher Autor ja auch ein innerhalb des von ihm als Endplatte bezeichneten Nervenhügels gelegenes, die eigentliche Nervenendigung vorstellendes Endorgan annahm, so leugnet Kühne die Existenz der von dem genannten Forscher beschriebenen Terminalfasern, denselben die von ihm aufgefundene Endplatte entgegensetzend.[1])

Die erwähnten Angaben Kühne's erstrecken sich auf die Nervenendigung bei Säugern, Vögeln und namentlich Reptilien. Indem nun Kühne das die motorische Nervenendigung bei den Amphibien darstellende Fasersystem als der auch aus Fasern bestehenden Endplatte analog erklärt[2]), macht er den weiteren Fortschritt, den motorischen Endapparat der Amphibien, den man bis jetzt mit den Endorganen der höheren Vertebraten nicht hatte in Beziehung bringen können, unter denselben Gesichtspunkt zu bringen, wie die Endplatten. Die Nervenendknospen, die Kühne, wie erwähnt, früher als allgemein vorhandene Endorgane anzunehmen geneigt war, behauptet Kühne auch in seiner letzten Publication für die Amphibien[3]), für die höheren Vertebraten konnte er nie ähnliche Körper an den die Endplatten zusammensetzenden Fasern auffinden.

Betrachten wir nun die in den folgenden Arbeiten über die motorische Nervenendigung niedergelegten Ansichten in ihrem Verhältniss zu der eben mitgetheilten Anschauung Kühne's, so ist zunächst der Angaben von Rouget[4]) zu gedenken, der in Aufrechterhaltung der Richtigkeit seiner bereits früher erwähnten Auffassung des Baues der Endplatten die von Kühne als Nervenendplatten im eigentlichen Sinne bezeichneten Gebilde als durch postmortale

[1]) Nr. 72 pag. 207 ff. — [2]) Nr. 72 pag. 218 ff. — [3]) Nr. 100 pag. 155. — [4]) Nr. 78.

Veränderungen im Nervenhügel entstandene Kunstproducte betrachtet.[1]) Auf Rouget folgt Leydig, der die Endplatten für Theile der unter dem Sarcolemm von ihm nachgewiesenen, granulirten, kernhaltigen Substanz hält, die als Matrix des den Cuticulargebilden zugehörigen Sarcolemma's zu betrachten sei.[2]) Damit scheint mir Leydig die nervöse Natur der Endplatten gänzlich in Abrede zu stellen. Den Angaben von Rouget und Leydig gegenüber gelingt es Cohnheim mittelst der Versilberungsmethode eine vollkommene Bestätigung der Angaben Kühne's über den Bau der Nervenendplatten zu liefern. Cohnheim findet an den die Endplatten bildenden, anastomosirenden Bändern, auch Körperchen, die er den Nervenendknospen des Frosches analog erklärt.[3])

Es sind nun, indem wir das Gemeinsame des Gegenstandes berücksichtigen, eine Reihe von Arbeiten zu erwähnen, die die Endigung der motorischen Nerven bei wirbellosen Thieren behandeln. In erster Linie ist hiebei eine Untersuchung von Engelmann[4]) zu berühren, der an Muskelfasern des Genitalapparats von Trichodes-Arten fand, dass die Nervenfasern in sehr hohe, kegelförmige, aufs Deutlichste unterhalb des Sarcolemma's gelegene Nervenhügel übergehen, deren granulirten Inhalt Engelmann in seiner Gesammtheit als Ausbreitung der Nervenfaser betrachtet. Im Gegensatze hiezu steht eine Mittheilung von Rouget[5]), der in dem Nervenhügel von Arthropoden die Nervenfasern sich theilen und dann an der Grenze der contractilen Substanz und der granulirten Masse des Hügels in leicht aufgefranzt aufhörenden Fasern enden lässt, somit aber ein von der übrigen Hügelmasse gesondertes, eigentliches Nervenendorgan annimmt. Diese

[1]) l. c. pag. 811. — [2]) Nr. 77. — [3]) Nr. 81 pag. 206. — [4]) Nr. 76. — [5]) Nr. 79.

Auffassung des Baues der Nervenhügel bei Arthropoden (Insekten) wird auch von Kühne[1]) vertreten, indem er angibt, dass an der Nervenendigung bei diesen Thieren 2 Theile zu unterscheiden seien, 1) eine hyaline, bandartige Fortsetzung des Axencylinders und 2) eine unter dieser gelegene körnige Masse mit Kernen. Dagegen nehmen weitere Untersuchungen, die von Greeff[2]), Moxon[3]) und Maddox[4]) angestellt wurden, für niedere wirbellose Thiere wieder den gesammten Nervenhügel als Endorgan der Nervenfaser in Anspruch. Der erstgenannte Autor gibt im Anschluss an die Beobachtungen Doyère's eine vollkommene Bestätigung der von dem letztgenannten Forscher an den Muskelfasern der Tardigraden aufgefundenen Verhältnisse der Endigung der Muskelnerven, erweitert aber unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand noch insofern, als er in den an die Muskelfasern sich anlegenden Endanschwellungen der Nervenfasern Kerne auffindet[5]), von denen er allerdings zugibt, dass sie nicht ganz constante Vorkommnisse sind.[6]) Ein besonderes Gewicht legt Greeff darauf, dass die terminale Verbreiterung der Nervenfaser, welche den Doyère'schen Hügel bildet, in ihrer Gesammtheit als Endorgan der Nervenfaser zu betrachten sei und sicherlich keine weitere Fortsetzung der Nervenfaser einschliesse[7]) dass ferner zwischen den nervösen Endanschwellungen d. h. dem Inhalte des Doyère'schen Hügels und der contractilen Substanz niemals ein Uebergang statt habe, sondern nur ein inniger Contakt vorhanden sei.[8]) Die gleichen Verhältnisse, wie sie nach dem Geschilderten bei den Tardigraden existiren, bietet nach Greeff auch die Nervenendigung bei Rotiferen[9]); dagegen konnte der genannte Autor sich nicht von der Richtigkeit der Quatrefages'chen

[1]) Nr. 72 pag. 218 Anm. — [2]) Nr. 84. — [3]) Nr. 87 u. 88. [4]) Nr. 92. — [5]) Nr. 84 pag. 113. — [6]) l. c. pag. 115. — [7]) l. c. pag. 114 u. 117. — [8]) l. c. pag. 120. — [9]) l. c. pag. 122.

Beschreibung der Endigung der Muskelnerven bei Eolidina bei anderen Nacktschnecken überzeugen.[1]) Sehr ähnliche Verhältnisse, wie Greeff bei den Tardigraden und Rotiferen fand Moxon bei einer Dipteren-Larve. An den Muskelfasern dieser ging die zutretende Nervenfaser, nachdem ihre Scheide mit dem Sarcolemma verschmolzen, in eine unter diesem gelegene, hügelförmig gestaltete Masse über, welche sich als eine direkte Verbreiterung des Axencylinders darstellte. Die Verbindung zwischen dieser nervösen und der contractilen Substanz beschreibt Moxon als eine Continuität.[2]) Entgegen der letzteren Annahme von Moxon kommt Maddox bei ebenfalls an einer Dipteren-Larve angestellten Untersuchungen zu dem Resultate, dass zwischen den Endausbreitungen der Nervenfasern, welche er in solche von Fächer- und in solche von Steigbügelform eintheilt, und den Muskelfasern nie eine Continuität, sondern nur ein naher Contakt vorhanden sei.

Im Anschlusse an die oben mitgetheilten Beobachtungen Kühne's und Rouget's findet dann Schönn[3]) bei hochstehenden Crustaceen (Astacus fluviatilis), dass im Inneren des Nervenhügels, den er als Endplatte bezeichnet, ein feiner, geschlängelter Faden verlaufe, dessen Endigungsweise nicht erkannt werden konnte.[4]) Bei Insekten dagegen war Schönn nicht im Stande, im Nervenhügel ein gesondertes Endorgan der Nervenfasern aufzufinden, sondern er konnte nur constatiren, dass die Nervenfasern an den Muskelfasern in hügelförmige Endplatten übergehen.[5]) Für die höheren Wirbelthiere liefert dann Schönn nach Untersuchungen beim Schweine die Angabe, dass nicht die Endplatte in ihrer Gesammtheit (d. h. der ganze Nervenhügel Kühne's) die Fortsetzung der Nervenfaser bilde, sondern dass in

---

[1]) Nr. 85 pag. 437 ff. — [2]) l. c. pag. 238. — [3]) Nr. 89. — [4]) l. c. pag. 50 u. 51. — [5]) l. c. pag. 46 u. 48.

derselben ein feiner, geschlängelter Faden enthalten sei, der die direkte Fortsetzung der zutretenden Nervenfaser darstelle.[1]) Wie dieser Faden endigte, konnte Schönn nicht wahrnehmen[2]).

An die Arbeit von Schönn reiht sich die von Trinchese[3]) an; das Hauptresultat der Untersuchungen dieses Forschers ist, dass er bei Torpedo Endplatten findet, die den Angaben Kühne's über die Endplatten der 3 höheren Wirbelthierklassen entsprechend gebaut sind. Wie Kühne, scheidet Trinchese die Endplatte (unter welchem Namen er den Nervenhügel Kühne's versteht) in 2 Lagen, nennt aber die obere granulirt, die untere homogen.[4]) In der oberen lässt er den Axencylinder durch Verästelung und Anastomosirung der Theilfasern ein Netzwerk bilden[5]) (die Platte Kühne's), während er von der unteren Schichte der Endplatte annimmt, dass sie wahrscheinlich eine direkte d. h. eine solide Ausbreitung des Axencylinders darstelle.[6]) Die das erwähnte Netzwerk bildenden Fasern lässt Trinchese noch von der Schwann'schen Scheide umhüllt sein[7]), die nach Kühne in das Sarcolemma der Muskelfasern übergeht. In dieses geht nach Trinchese bloss ein Theil der Nervenfaserscheide über, der Robin's Perineurium entsprechen soll.[8]) Diesen für Torpedo geltenden Verhältnissen scheint Trinchese auch für die höheren Vertebraten Gültigkeit beizumessen, wie daraus hervorgeht, dass er von den Endplatten (spec. d. Säuger) angibt, dass dieselben nicht in ihrer Totalität als Fortsetzungen der Nervenfasern zu betrachten seien und in Betreff des feineren Baues sich den Endplatten des Zitterrochens ähnlich verhalten.[9]) Aus der Beschreibung Trinchese's ist als

---

[1]) u. [2]) l. c. pag. 52. — [3]) Nr. 90 u. 91. — [4]) Nr. 91 pag. 495. — [5]) l. c. pag. 496. — [6]) l. c. pag. 499. — [7]) l. c. pag. 495. — [8]) l. c. pag. 495. — [9]) l. c. pag. 494.

wichtig noch zu erwähnen, dass er bei nieder stehenden Wirbellosen (Bryozoen und Echinodermen) die Nervenfasern an den Muskelfasern in intrasarcolemmatös gelegenen Nervenhügeln enden lässt[1]), die, in ihrer Totalität Ausbreitungen der Nervenfasern entsprechend, wie terminale Anschwellungen der Nervenfasern sich darstellen und somit den von Doyère, Greeff, Moxon, Maddox, Quatrefages u. A. bei Wirbellosen gefundenen Verhältnissen sich anreihen. Eine sehr eigenthümliche Art der Nervenendigung beschreibt Trinchese dagegen an den Muskelfasern von Helix pomatia.[2]) Hier soll der Axencylinder, nachdem er die körnige Substanz des Nervenhügels durchsetzt, sich in 2 Fäden theilen, welche, nach entgegengesetzten Richtungen verlaufend, am Ende der contractilen Faser, spiralig aufgewunden, endigen. — Nach Trinchese ist Köllicker zu erwähnen, der in der 5. Auflage seiner Histologie[3]) der von Rouget, wie erwähnt, zuerst aufgestellten Ansicht, dass als Ausbreitung der zuführenden Nervenfaser die gesammte Substanz der Endplatte zu betrachten sei, sich anschliesst und die von Kühne beschriebenen Platten als Kunstprodukte erklärt. Bezüglich der Lage der Endplatte schliesst sich Köllicker Krause an.

Indem ich nun zu den im Jahre 1868 erschienenen Arbeiten übergehe, habe ich zuerst einer Arbeit von Engelmann[4]) Erwähnung zu thun. In dieser liefert der genannte Autor, bezüglich der Nervenendigung bei den 3 obersten Wirbelthierklassen sich auf die Seite Kühne's stellend und seine eigenen, früher gemachten Angaben auf Grund neuer Untersuchungen modificirend, den Nachweis, dass es allerdings nicht der gesammte Inhalt des Nervenhügels sei, welcher das Endorgan der Nervenfaser darstelle, sondern dass dieses von einer der Kühne'schen Endplatte ent-

[1]) l. c. pag. 498. — [2]) l. c. pag. 497. — [3]) pag. 172. — [4]) Nr. 94.

sprechenden, im oberen Theile des Nervenhügels gelegenen baumartigen Verästelung des Axencylinders vorgestellt sei, deren Zweige vielleicht in das mit der Muskelsubstanz in Continuität stehende Protoplasma des Hügels übergehen.[1]) Die von Kühne angenommene Plattenform des motorischen Nervenendorgans hält Engelmann für ein Kunstprodukt, entstanden durch theilweise Verklebung, Verschmelzung und Abschnürung der terminalen Verästelung des Axencylinders.[2]) Auch für den motorischen Nervenendapparat der Insekten gibt Engelmann an, dass der bei diesen sich findende Nervenhügel zu trennen sei in ein Hügelprotoplasma (die Plattensohle Kühne's) und in eine eigentliche Nervenfaser-Fortsetzung, welche dadurch gebildet wird, dass die Nervenfaser im Hügel sich theilt, die dadurch entstandenen Aeste eine Strecke weiter verlaufen; sich wieder theilen, umbiegen und zurücklaufen, um endlich im Protoplasma des Hügels sich zu verlieren.[3]) Es folgen nun eine Reihe von Abhandlungen von W. Krause[4]), durch welche die bereits besprochenen Angaben dieses Forschers folgende Erweiterungen erfahren. Die in den Endplatten der drei obersten Vertebraten-Klassen aufgefundenen Terminalfasern verästeln sich häufig und lassen Terminalfasern 1. und 2. Ordnung entstehen[5]), welch' letztere durch ihre rundlichen Endanschwellungen und die optischen Durchschnitte der sich kreuzenden Fasern das Bild der die Endplatten scheinbar bildenden feinkörnigen Substanz entstehen lassen.[6]) Somit enthält der Nervenhügel, den Krause bekanntlich als Endplatte bezeichnet, kein protoplasmatisches Hüll- oder Unterlagematerial, wie es Kühne als Plattensohle beschreibt, sondern die ganze feinkörnige Substanz ist von nervösen Terminalfasern dargestellt. Durch die

[1]) l. c. pag. 310. — [2]) l. c. — [3]) l. c. pag. 311. — [4]) Nr. 95 — 99 u. 116. — [5]) Nr. 99 pag. 74. Nr. 116 pag. 491. — [6]) Nr. 96 pag. 648. Nr. 99 pag. 74 u. 75. Nr. 116 pag. 491.

knopfförmigen Endanschwellungen der letzten Aeste der Terminalfasern ist nach Krause das feingezähnelte Ansehen der inneren Grenzfläche der motorischen Endplatte bedingt[1]), eine Angabe, welche mir zu der Vermuthung zu führen scheint, dass Krause die Enden der feinsten Terminalfasern senkrecht auf die Oberfläche der Muskelfasern orientirt sein lässt. In Bezug auf die Nervenendigung bei den Amphibien behauptet Krause die Existenz kleiner, rundlicher Platten, die er, wie erwähnt, früher als Endorgane angenommen, nur mehr für eine Art von Muskelfasern, die er als dünnere bezeichnet[2]), und nimmt im Allgemeinen aus parallel der Längsaxe der Muskelfasern verlaufenden Fasern gebildete Endplatten an, die dem Kühne'schen Fasersystem vollkommen entsprechen.[3]) Von Kühne weicht Krause nur darin ab, dass er, wie früher, eine extrasarcolemmatöse Lagerung dieser Endplatten behauptet und annimmt, dass die parallel der Längsaxe der Muskelfasern verlaufenden Terminalfasern 1. Ordnung häufig quer über die Muskelfaser-Oberfläche verlaufende Terminalfasern 2. Ordnung entstehen lassen[4]), welche mit knopfförmigen Endanschwellungen aufhören und durch diese ebenfalls ein feingezähneltes Ansehen an der inneren Fläche der Endplatte bedingen.[5]) Was noch die Endigung der motorischen Nerven bei Wirbellosen anbelangt, so statuirt Krause für diese eine intrasarcolemmatöse Lage der Endplatten.[6]) Den Gegensatz dieses und des für die Wirbelthiere angenommenen Verhältnisses erklärt Krause daraus, dass bei all' den Muskelfasern, die aus einer einzigen Zelle sich entwickeln, wie dies bei den Wirbelthieren der Fall ist, die Endplatten ausserhalb des Sarcolemmas liegen, während die motorischen Nervenendorgane bei einer Entwicklung der

[1]) Nr. 99 pag. 74. Nr. 116 pag. 491. — [2]) Nr. 99 pag. 101. [3]) s. die Fig. 53—56 auf pag. 98—100 von Nr. 99. — [4]) Nr. 99 pag. 97 u. 98. — [5]) Nr. 99 pag. 98. — [6]) l. c. pag. 107.

Muskelfasern aus mehreren Zellen, innerhalb des Sarcolemmas gelegen sind.[1]) Was den bei Wirbellosen streitigen Punkt anbelangt, ob der gesammte Nervenhügel als Endorgan der Nervenfaser zu betrachten sei oder ob derselbe erst die eigentliche Nervenfaser-Fortsetzung enthalte, so bringt Krause darüber keine neuen und bestimmten Angaben, anerkennt[2]) aber die von Rouget u. A. gemachten Beobachtungen, die wir bereits mitgetheilt. Indem ich nun die später zu erwähnende Abhandlung von Kleinenberg übergehe, trete ich in das Jahr 1873 über, in welches über die Endigung der motorischen Nerven Arbeiten von Tergast, Arndt, Gerlach und Budge fallen. Die Tergast'sche Mittheilung[3]), die sehr werthvolle Angaben über das Verhältniss der Zahl der Nervenfasern zur Zahl der Muskelfasern enthält, muss ich hier, wo es sich allein um die Endigung der motorischen Nerven handelt, übergehen. Wichtig dagegen sind die Untersuchungen von Arndt.[4]) Das Gesammtresultat dieser stellt sich folgendermassen dar: Die Endigung der Muskelnerven geschieht nicht in Endplatten allein, sondern auch in intramusculären und extramusculären Nervennetzen. Die Endplatten bestehen aus 2 Theilen, einer oberen homogenen und einer unteren granulirten Lage.[5]) Die obere Schichte ist nicht, wie dies Kühne annimmt, Endorgan des Axencylinders, sondern die zutretenden Nervenfasern breiten sich zu der unteren Schicht aus, die aber, weil von ihr die intramusculären Nervennetze abgehen, als eine Art von Uebergangs-Gebilde zu betrachten ist. Die Kühne'sche Nervenendplatte kommt erst durch postmortale Veränderungen in der oberen Schicht der Endplatte, d. h. des Nervenhügels, zu Stande, ist somit als ein Kunstprodukt zu betrachten.[6]) Die Endplatten sind häufig durch extramusculäre Nervenfasern verbunden, wodurch Nervenhügel

[1]) l. c. pag. 107 u. 108. — [2]) l. c. pag. 155. — [3]) Nr. 102. [4]) Nr. 103. — [5]) l. c. pag. 566. — [6]) l. c. pag. 566.

1., 2. und 3. Ordnung entstehen[1]), ausserdem stehen die Endplatten durch die intramusculären Netze in Verbindung.[2]) Die intramusculären Netze bestehen aus einem System von Zellen und Zellenderivaten, die mit den zuführenden Nervenfasern (durch die Endplatten) einerseits, mit der contractilen Substanz andererseits in Verbindung stehen und dem von Margo beschriebenen intramusculären Netze feinster Nervenfäden vollkommen entsprechen.[3]) Diese Befunde gelten nach Arndt allgemein für Wirbelthiere wie für Wirbellose. An die Angaben Arndt's betreffend die Endigung der Muskelnerven in intramusculären Netzen schliesst sich nun Gerlach[4]) an, der die Endigung der motorischen Nerven nach Untersuchungen bei Fröschen und einigen Säugethieren allein in einem das Innere der contractilen Substanz durchziehenden Netze feinster Nervenfasern geschehen lässt und hiedurch den Angaben Margo's ganz und gar beitritt, während er von Arndt dadurch sich unterscheidet, dass er die Existenz der Endplatten vollkommen leugnet und die zuführenden Nervenfasern gleich in die intramusculären Fasern sich fortsetzen lässt. Die von den Autoren beschriebenen Endplatten sind nach Gerlach keine nervösen Gebilde, sondern ihre Annahme beruht darauf, dass an der Stelle, wo die Nervenfaser das Sarcolemma der Muskelfaser durchsetzt, eine besonders grosse Anhäufung von Muskelkörperchen sich findet und in Folge des nahen Nebeneinanderliegens der Protoplasma-Zonen dieser Körperchen das Ansehen homogener mit Kernen versehener Endplatten entsteht.[5]) Das Netz der intramusculären Nervenfasern, welches Gerlach als „intravaginales" bezeichnet, besteht nach dem genannten Autor aus feinen, 0,001—0,0015 mm. dicken Fasern, die durch zahlreiche Einkerb-

---

[1]) l. c. pag. 562. — [2]) l. c. pag. 561 u. 562. — [3]) l. c. pag. 565. — [4]) Nr. 104, 109 u. 112. — [5]) Nr. 109 pag. 59 u. 60.

ungen resp. Continuitäts-Trennungen eine rosenkranzartige Beschaffenheit zeigen.[1]) Diese intravaginalen Nervenfasern stehen nun wahrscheinlich mit den isotropen Massetheilchen der contraktilen Substanz in Verbindung, indem sie (nach der im Tageblatt der Grazer Naturforscher-Versammlung niedergeleglen Mittheilung Gerlach's)[2]) in die die Muskelsäulchen, welche bekanntlich aus anisotroper Substanz bestehen, umgebenden Scheiden isotroper Substanz continuirlich übergehen.

Die letzte der zu erwähnenden Arbeiten, die von Budge[3]), enthält die Mittheilung, dass an den Muskelfasern nach einer eigenthümlichen Behandlung mit Eau de Javelle und Goldchlorid die bekannten Zellenhaufen der Nerven (d. h. die Endplatten, wenn ich Budge richtig verstanden) deutlich hervortreten und in denselben die eingetretenen, marklosen Nerven deutliche Netze bilden, welche mit den von Gerlach beschriebenen nicht zu verwechseln seien. Da die Mittheilung Budge's nicht durch Abbildungen unterstützt ist, so bleibt es zweifelhaft, ob wir es mit einer Beschreibung der Kühne'schen Figur oder vielleicht mit Kunstprodukten zu thun haben.

Es folgen nun Arbeiten von Calberla[4]) und Sokolow[5]), die über die Nervenendigung beim Frosche handeln. In der ersten seiner Abhandlungen gibt Calberla eine vollkommene Bestätigung der Kühne'schen Beschreibung des in einem terminalen Fasersystem bestehenden Nervenendorgans der Amphibien; nur die Nervenendknospen spricht er den Endfasern ab.[6]) In der 2. Abhandlung liefert Calberla in Bezug auf die Entwicklung der motorischen Nervenendorgane die sehr wichtige Angabe, dass das Endorgan der Nervenfasern bei Amphibien und Reptilien aus einer

---

[1]) Nr. 104 pag. 102. Nr. 109 pag. 48. — [2]) Nr. 112 pag. 66. — [3]) Nr. 105. — [4]) Nr. 110 u. 115. — [5]) Nr. 111. — [6]) Nr. 110 pag. 175. —

hellglänzenden, von spärlichen Körnchen durchsetzten Kernmasse sich bilde, welche sich mir wie eine einfache Anschwellung der Nervenfaser zu verhalten scheint.[1]) Während nun, wie erwähnt, Calberla die von Kühne entdeckte Endigungs-Weise der motorischen Nerven bei den Amphibien bestätigt findet, kommt Sokolow zu dem Resultate, dass sich die Nervenendigung im Froschmuskel dem Margo'schen Schema entsprechend verhalte. Die zuerst von Margo vertretene Annahme intramusculärer Nervennetze hatte demnach vom Jahre 1873 an Arndt, Gerlach und Sokolow als Anhänger gewonnen. Diesen Autoren schliesst sich nun noch Engelmann[2]) an, indem er angibt, dass die isotrope Substanz der Muskelfasern ein Gewebe sei, das nicht wesentlich von einem Nerven abweiche und demnach als eine, wenn auch etwas modificirte Fortsetzung des Axencylinders der motorischen Nervenfaser zu betrachten und als „nervös" von der contractilen oder „motorischen" zu unterscheiden sei. Wahrscheinlich sei es auch, dass die isotrope Substanz mit dem Axencylinder am innigsten verbunden sei.

Bevor ich nun die nach den eben erwähnten Arbeiten erschienenen Schriften referire, muss ich noch einige Abhandlungen besprechen, die vor den bereits erwähnten Mittheilungen erschienen und die ich, um die Zusammengehörigkeit der letzteren nicht zu stören, einstweilen unbeachtet gelassen habe. Es sind dies Arbeiten von Bütschli[3]) und Boll[4]) und die Angaben über die motorische Nervenendigung, welche Frey in seiner Histologie liefert. Bütschli beschreibt bei Nematoden ähnliche Verhältnisse, wie sie für diese Thiere von Meissner, Wedl u. A. angegeben werden. Eine Continuität der Nervenendgebilde

---

[1]) Nr. 115 pag. 453 ff. — [2]) Nr. 114. — [3]) Nr. 106. — [4]) Nr. 107.

(der sog. Muskelfortsätze) mit der Muskelsubstanz scheint auch er anzunehmen. Boll gibt an, dass die Plattensohle von Lacerta eine Struktur zeige, die mit der von ihm in den elektrischen Platten aufgefundenen Punktirung identisch sei, worüber weitere Angaben folgen sollen. Damit scheint mir Boll eine nervöse Natur der Plattensohle anzunehmen. Was noch Frey anbelangt, so schliesst sich dieser Autor in Bezug auf die Lage wie auf den Bau der Nervenhügel und in Betreff der Struktur der Endplatte den Angaben Kühne's an. Indem ich nun auf die nach den Arbeiten Gerlach's erschienenen Schriften zurückkomme, so ist als erste von diesen eine zu erwähnen, die ich in einer vorläufigen Mittheilung im medizinischen Centralblatt[1]) veröffentlichte. Ich machte diese Publication auf Grund des Umstandes, dass ich bei Untersuchungen, die ich über sensible Nervenendigungen im histologischen Laboratorium von Prof. Kollmann in München anstellte, an den Muskelfasern die prachtvollsten Endplatten auffand und damit dem Theil der Gerlach'schen Angaben, worin die Existenz der als Endplatten bezeichneten Nervenendorgane geleugnet wird, entgegentreten musste. Die Annahme der intravaginalen Nervennetze durch Gerlach erklärte ich daraus, dass Gerlach Bestandtheile der contractilen Substanz, die eine fast ebenso grosse Verwandtschaft, wie die Nerven, zu Gold haben und bei der Vergoldung als feine, rosenkranzförmige Längsstreifen, die wie feine Nervenfasern aussehen, hervortreten, mit Nervenfasern verwechselt hatte. — Auf diese Mittheilung folgte bald eine Arbeit von Ewald[2]), welcher bei seinen Untersuchungen zu ganz den nemlichen Resultaten, wie ich sie erhalten, gelangte d. h. nachwies, dass die Nervenfasern in den Muskelfasern nicht in intravaginalen Nervennetzen, sondern in Endplatten (bei den

[1]) Nr. 117. — [2]) Nr. 118.

3 obersten Wirbelthier-Klassen), im Kühne'schen Fasersystem (bei den Amphibien) endigen. Die intravaginalen Nervennetze erklärt Ewald als feine auf der Oberfläche des Sarcolemm's entstandene Goldniederschläge, d. h. als Kunstprodukte.[1]) Bezüglich des Baues der Endplatten schliesst sich Ewald den Anschauungen von Kühne an, ebenso in Betreff der Verhältnisse des terminalen Fasersystems der Amphibien, dem er nur die auch von ihm als Kerne erkannten Nervenendknospen abspricht.

Den Darlegungen von mir und Ewald schliesst sich nun Krause[2]) an, indem er die intravaginalen Nervenfasern Gerlach's für Reihen interstitieller Fettkörnchen erklärt und die Bedeutung der Endplatten als eigentlicher Endorgane der motorischen Nerven aufrecht erhält. Nachdem ich hierauf eine die oben erwähnten Verhältnisse etwas näher erörternde Mittheilung im Archiv für mikroskopische Anatomie veröffentlicht[3]), erscheint noch eine Abhandlung von Gerlach[4]), die letzte der über die motorische Nervenendigung bis jetzt erschienenen Schriften. In derselben legt Gerlach vor Allem das Verhältniss genauer dar, in welchem, nach seiner Anschauung die intravaginalen Nerven und die isotrope Substanz der Muskelfasern stehen. Der Mantel isotroper Substanz, welcher die anisotropen Muskelsäulchen umgibt, verdickt sich an manchen Stellen streifenartig und in diese Streifen, die sich an vergoldeten Muskelfasern als Längsstreifen darstellen, gehen die intravaginalen Nervenfasern, deren erste Verzweigungen (die beim Frosche den Kühne'schen intramusculären Axencylindern entsprechen) Gerlach jetzt intravaginalen Nervenplexus nennt, über.[5]) Der Zusammenhang von nervöser und contractiler Substanz ist also nach Gerlach in der Weise zu denken, dass die

[1]) l. c. pag. 17 u. 18. [2]) Nr. 116. — [3]) Nr. 120. — [4]) Nr. 121. — [5]) Nr. 121 pag. 409.

Cylinder der doppelt brechenden Substanz allseitig von einer Scheide nervöser Materie umgeben werden, in welche die intravaginalen Nervenfasern übergehen.[1]) Mit dieser Annahme kommt Gerlach ganz auf den von Engelmann vertretenen Standpunkt zu stehen.

Werfen wir nun einen Blick auf den jetzigen Stand unserer Kenntnisse über die motorische Nervenendigung, so erhellt, dass über unseren Gegenstand vor Allem zwei Ansichten einander gegenüberstehen. Die Verbindung von Nerv- und Muskelfaser lassen nemlich die einen Autoren in der Weise geschehen, dass die Nervenfasern an den Muskelfasern in besondere Terminalorgane übergehen, welche die contractile Substanz nur oberflächlich und meist an einem einzigen Punkte der Länge der Muskelfaser berühren. Andere Autoren, Margo, Arndt, Sokolow und hauptsächlich Gerlach, nehmen dagegen an, dass der Zusammenhang von nervöser und contractiler Substanz dadurch vermittelt würde, dass die Muskelfaser innerlich von einem feinen Nervennetz durchzogen wird und somit die Massetheilchen der contractilen Substanz einerseits und die der nervösen Materie andrerseits an allen Punkten der Länge der Muskelfasern und im ganzen Querschnitt derselben mit einander in Verbindung treten. Es ist nun klar, dass diese beiden Anschauungen auf's Schroffste einander gegenüberstehen, indem sie unvereinbare, verschiedene Principien der Endigung annehmen. Da es nun sowohl in physiologischer, wie in morphologischer Beziehung von höchster Bedeutung ist, ob die eine oder die andere der erwähnten Anschauungen allgemeine Gültigkeit

---

[1]) l. c. pag. 412.

habe, so hat eine die motorische Nervenendigung behandelnde Untersuchung zunächst die Aufgabe, zu entscheiden, ob intravaginale Nervenfasern oder ob besondere Terminalorgane die wahre Endigung der motorischen Nerven darstellen. Wir werden nach Vorführung unserer eigenen Befunde über die Endigung der Muskelnerven bei den Wirbelthieren also zunächst auf die Entscheidung dieser Frage einzugehen haben. Wenden wir uns jetzt aber zu den Angaben, welche in Bezug auf den Bau der Terminalorgane in der Literatur vorhanden sind, so ergeben sich auch in Bezug auf diese nicht wenige Controversen.

Wir wollen zuerst die in Bezug auf den Bau der Endorgane der motorischen Nerven, wie sie bei den 3 ersten Wirbelthierklassen sich finden, einander gegenüberstehenden Ansichten ins Auge fassen. In erster Linie ist noch controvers die Lage der Endplatten (Nervenhügel). Dieselben lassen ausserhalb des Sarcolemm's gelegen sein: Krause und Köllicker, unterhalb desselben: Kühne, Rouget, Engelmann, Waldeyer, Cohnheim, Letzerich, Schönn, Trinchese, Arndt, Frey und Ewald. Gehen wir jetzt auf die in Bezug auf die näheren Strukturverhältnisse der fraglichen Endorgane geäusserten Ansichten über, so sehen wir die zuerst von Rouget, dann von Engelmann, Waldeyer, Kühne und Kölliker vertretene Anschauung, dass die gesammte Endplatte, d. h. der ganze Nervenhügel das Endorgan des Axencylinders darstelle, bestritten zuerst von Krause, dann von Kühne, Cohnheim, Schönn, Trinchese, Engelmann, Arndt und Ewald, welche Autoren alle dahin sich aussprechen, dass innerhalb des Nervenhügels erst die terminale Fortsetzung der Nervenfaser gelegen sei. In Bezug auf die Gestalt dieser eigentlich nervösen Endausbreitung sind die Meinungen wieder verschieden und ist hier namentlich die seit 1863 sich fortspinnende Controverse zwischen Krause

und Kühne zu erwähnen. Krause, dessen Ansicht auch Schönn beitritt, liess, wie angegeben, die Nervenendigung in den Endplatten in blassen Terminalfasern geschehen, während Kühne eine plattenförmige Gestalt des Endorgans behauptete. Der Ansicht von Kühne treten vollständig bei: Cohnheim, Trinchese, Frey und Ewald, während Engelmann die Plattenform als Kunstprodukt bezeichnet und dem Endorgan die Gestalt einer baumförmigen Verästelung zuschreibt. Eine von allen Ansichten verschiedene Anschauung vertritt Arndt, der die Kühne'sche Platte als Nervenendorgan leugnet und als nervöses Gebilde im Nervenhügel die Plattensohle auffasst. Ihm schliesst sich Trinchese an, der ebenfalls von der unteren Partie der Endplatte annimmt, dass sie vielleicht eine directe Ausbreitung des Axencylinders sei. In Bezug auf die im Nervenhügel ausser dem eigentlichen Endorgan befindliche Masse treten auch wieder verschiedene Anschauungen hervor. Krause lässt die feinkörnige Substanz der Endplatte, wie erwähnt, nur von den Terminalfasern dargestellt sein, während Kühne, dem sich Cohnheim, Schönn, Frey und Ewald anschliessen, neben dem Endorgan der Nervenfaser noch eine Art von protoplasmatischem Umhüllungs- oder Unterlage-Material annehmen, das als körnige Substanz des Nervenhügels auftritt. Kühne betrachtet diese körnige Substanz, die Plattensohle als Rest des Bildungsmaterials, aus welchem sich Muskel- und Nervengewebe entwickelt haben, während Schönn dieselbe für eine theilweise Fortsetzung der Markscheide der zutretenden Nervenfaser hält. Während nun fast alle Autoren ausdrücklich angeben, dass mit oder in dem Nervenhügel das morphologisch abgesetzte Ende der Nervenfaser gegeben sei, gibt Engelmann an, dass die Basis des Nervenhügels in die contractile Substanz sich fortsetzt und die die terminale Verästelung bildenden Fasern in die den Nervenhügel darstellende körnige Substanz

übergehen. Dagegen lässt Arndt von der Plattensohle die von ihm aufgefundenen intramusculären Nervenfasern abgehen. Endlich ist noch die Ansicht von Leydig zu erwähnen, der die Endplatten für Theile der Matrix des Sarcolemm's hält. Dies möchten die Controverspunkte in Bezug auf den Bau der Endplatten sein. Was nun die motorische Nervenendigung bei den Amphibien betrifft, so wird dieselbe ausserhalb des Sarcolemmas verlegt von Köllicker, Krause und Schiff, während der Annahme, dass sie innerhalb des Sarcolemmas gelegen sei, Kühne, Manz, Engelmann, Waldeyer, Letzerich, Cohnheim, Trinchese, Arndt, Calberla und Ewald beipflichten. In Bezug auf die übrigen Strukturverhältnisse der motorischen Nervenendigung bei den Amphibien ist in erster Linie zu erwähnen, dass die einen Autoren, Kühne, Köllicker, Krause, Schiff, Manz, Engelmann, Cohnheim, Calberla und Ewald, die Nerven in dem bekannten, terminalen Fasersystem endigen lassen, während Krause, Trinchese, Arndt und Waldeyer denen der höheren Vertebraten ähnliche Endplatten annehmen. Die Endigung der das erwähnte, terminale Fasersystem bildenden Fasern geschieht nach allen Autoren, die über die Endigung der Muskelnerven beim Frosche gearbeitet haben, mit scharfabgesetzten, spitzen oder auch abgerundeten Enden, nur Engelmann lässt die blassen Terminalfasern in eine feinkörnige, mit der contraktilen Substanz in Continuität stehende Substanz übergehen. Was nun die von Kühne entdeckten Nervenendknospen betrifft, so schliesst sich dem genannten Forscher in Bezug auf die nervöse Natur dieser Körper nur Cohnheim an, während Köllicker, Krause, Schiff, Frey, Engelmann, Waldeyer, Peremeschko, Calberla und Ewald übereinstimmend die Endknospen für Kerne erklären. — In Betreff der motorischen Nervenendigung bei Fischen hat die ersten Angaben Kühne

geliefert, der den Endorganen dieser Thiere eine ähnliche Beschaffenheit, wie sie der motorische Endapparat des Frosches zeigt, zuschreibt. Darauf folgt Engelmann mit der Angabe, dass bei den Fischen die Nervenfasern in der Weise endigen, dass sie an der Muskelfaser in einen dünnen Streifen einer feinkörnigen Substanz sich fortsetzen, der ohne Grenze in die contractile Substanz übergeht.[1]) Während dann Waldeyer, an Engelmann sich anschliessend, bei Petromyzon kleine, bei Esox lange, aber sehr schmale Endplatten findet[2]), kommt Trinchese für Torpedo zu dem Resultate, dass hier Endplatten von bedeutenden Dimensionen und einem dem von Kühne für die 3 ersten Vertebraten-Klassen beschriebenen ähnlichen Bau vorhanden sind. Es folgt dann Krause, der den Endplatten der Knochenfische[3]) eine ähnliche Struktur zuschreibt, wie sie die Endorgane der Amphibien haben, d. h. dieselben aus langen, schmalen, der Längsrichtung der Muskelfasern parallel verlaufenden Fasern dargestellt sein lässt. Was die Nervenendigung bei Knorpelfischen anbelangt, so gibt Krause an, dass bei Torpedo Galvanii die Endplatten aus feinkörniger Substanz mit eingelagerten Terminalfasern 1. Ordnung bestehen.[4]) In Bezug auf die Nervenendigung bei Fischen gibt noch Arndt an, dass die Nerven nicht in Nervenhügeln (Endplatten) allein, sondern auch in extramusculären und intramusculären Nervennetzen ihre Endigung finden. Aus dem Angeführten erhellt, dass in Betreff der Endigung der motorischen Nerven in der Klasse der Fische sowohl unsere Kenntnisse noch sehr mangelhafte sind als auch noch eine sehr geringe Uebereinstimmung der Angaben der verschiedenen Forscher besteht.

---

[1]) Nr. 57 pag. 16 ff. — [2]) Nr. 67 pag. 242. — [3]) Nr. 99 pag. 103. — [4]) l. c. pag. 104.

Da ich nun über die die Endigung der motorischen Nerven bei Wirbellosen betreffenden Anschauungen, die ich in der Literatur-Uebersicht der Vollständigkeit halber und weil sie von den Angaben über die bei den Wirbelthieren geltenden Verhältnisse der motorischen Nervenendigung nicht zu trennen waren, anführen musste, bei einer sich nur über die Endigung der Muskelnerven bei den Vertebraten erstreckenden Abhandlung nicht einzugehen habe, kann ich jetzt auf die Befunde meiner eigenen Untersuchungen übergehen.

I. Die Endigung der motorischen Nerven bei den Säugethieren.

Die Thiere, über welche sich die vorliegenden Untersuchungen erstrecken, sind: Meerschweinchen, Kaninchen, Hund, Katze, Schwein und der Mensch. Was die zur Anwendung gekommenen Untersuchungs-Methoden anbelangt, so habe ich nur von der Modification der Goldmethode Gebrauch gemacht, welche jüngst von M. Löwit erfunden und in einer Arbeit über die Nerven der glatten Musculatur[1]) beschrieben worden ist. Diese Methode beruht im Wesentlichen darauf, dass man die Gewebe mit der Lösung eines Chlorgoldsalzes imprägnirt und dann mit Ameisen-Säure behandelt, wobei in Folge der starken Reductionsfähigkeit der Ameisen-Säure und zwar ohne Zuhilfenahme des Lichts das Goldsalz zersetzt und im Gewebe metallisches Gold niedergeschlagen wird.

Von den anderen in der histologischen Technik üblichen Vergoldungs-Methoden zeichnet sich die Löwit'sche Methode dadurch aus, dass sie erstens einen grösseren Procentsatz gelungener Präparate gewährt, wie dies Löwit bereits angibt, und dass zweitens bei ihrer Anwendung häufig Prä-

[1]) Wiener Sitzungsber. Bd. LXXI, Abth. III. pag. 1. 1876.

parate erhalten werden, in denen alle Gewebe bis auf die Nervenfasern ungefärbt, die letzteren aber aufs intensivste gefärbt sich darstellen. Es mag nun wohl keinem Zweifel unterliegen, dass derartige Goldpräparate, die, je grösser die Uebung wird, in desto grösserer Zahl erhalten werden können, den Verlauf und die Endigung der durch kein anderes Reagens, als Gold, sichtbar zu machenden marklosen Nervenfasern am sichersten zu verfolgen gestatten werden. Was nun die genauere Anwendung der erwähnten Goldmethode bei den in Frage kommenden Untersuchungen anbelangt, so habe ich bei den Säugethieren folgendes Verfahren eingeschlagen: Zur Vergoldung wählte ich Hautmuskeln, bei Meerschweinchen, Kaninchen, Hund und Katze die Muskeln, welche in der Haut der Wangengegend verlaufen, beim Schweine die im subcutanen Gewebe und der Cutis der vorderen Rüsselfläche befindlichen Muskeln, beim Menschen den M. orbicularis oris. Bei eben getödteten Thieren wurden nun von den bezeichneten Hautstellen Stücke von ca. 6 mm. Breite so ausgeschnitten, dass von den in den tieferen Lagen der Cutis und des Stratum subcutaneum mächtigeren Muskelzügen noch welche mit herausgehoben wurden; diese Hautstücke wurden dann durch der Breite derselben parallel laufende Schnitte in Scheiben von 1—2 mm. Dicke zerlegt, die so rasch als möglich d. h. noch lebenswarm in eine unverdünnte, chemisch reine Ameisensäure von 1,06 spec. Gew. gebracht wurden. Nachdem die Hautstückchen in der Ameisensäure gequollen und vollkommen durchsichtig geworden waren, wurden sie aus derselben direkt in eine 1 proc. Lösung von Goldchlorid gebracht, in welcher sie eine Viertelstunde lang blieben. Aus der Goldlösung genommen, wurden die Hautstückchen in destillirtem Wasser gut abgewaschen und dann der reducirenden Wirkung einer mit Wasser (im Verhältniss von 1 Thl. Säure zu 3 Theilen Wasser) verdünnten Ameisen-

säure unter Lichtabschluss auf 24 Stunden überlassen. Die Menge dieser verdünnten Ameisensäure, welche in ein verschliessbares Glasgefäss gebracht wurde, betrug ca. 5 CC. Nach der angegebenen Zeit wurden die Hautstückchen nochmals 24 Stunden lang mit einer gleichen Menge unverdünnter Ameisensäure behandelt, um an Stellen, wo die Reduktion des Goldsalzes noch nicht genügend vorgeschritten war, noch nachträglich eine solche zu bewirken. Damit war die Vergoldung beendet; die nun braunroth gefärbt sich darstellenden Hautstückchen wurden endlich in absolutem Alcohol gehärtet, um in Schnitte zerlegt zu werden, die in Nelkenöl aufgehellt und in Canadabalsam untersucht wurden.

Sind nun die Goldpräparate, wie sie auf die angegebene Weise mittelst des Löwit'schen Verfahrens erhalten werden, vollkommen gelungen, so ergibt sich an ihnen folgender Befund: Um zuerst von dem Verhalten der Muskelfasern zu sprechen, so zeigen sich diese entweder vollkommen farblos, oder sind in verschiedenen Tönen, bald roth oder braun, bald blau oder grünlich gefärbt. In denselben finden sich keine feinen Fasern von intensiver Goldfärbung, nur manchmal strichartige, dunkelgefärbte, aber verwaschene Längsstreifchen. Was nun das Verhalten der zutretenden Nervenfasern an den Muskelfasern anbelangt, so stellt sich dasselbe nach der Vergoldung in folgender Weise dar: Die Nervenfasern treten, nachdem sie sich aus den Nervenfaser-Bündeln isolirt, meist in ziemlich senkrechter Richtung an die Muskelfasern heran, verdünnen sich, an denselben angelangt, plötzlich und verwandeln sich dann in eigenthümlich verbreiterte, intensiv geschwärzte Fasern, welche sich an die Oberfläche der Muskelfasern flach anlegen und hier, indem sie, nach verschiedenen Richtungen auseinanderlaufend und sich mannigfaltig verzweigend und gegen einander biegend, einen abgegrenzten

Bezirk der Oberfläche der Muskelfasern innehalten, plattenähnliche Gebilde formiren. Wir erkennen in dieser aus goldgefärbten und flach den Muskelfasern angelagerten Fasern bestehenden Ausbreitung der herantretenden Nervenfaser das von Kühne als Nervenendplatte bezeichnete Gebilde und sehen, dass dasselbe in einer, häufig hügelförmig über den Contour der Muskelfaser sich erhebenden Masse gelegen ist, welche bei der Vergoldung entweder farblos bleibt, oder sich etwas stärker als die Muskelfaser färbt, und dann einen körnigen Goldniederschlag enthält. Dadurch wird erwiesen, dass der Nervenhügel, wie Kühne 1864 diess nachgewiesen und seitdem stets mit grossem Nachdrucke aufrecht erhalten hat, aus zwei discreten Theilen besteht, der das eigentliche Nervenende darstellenden Endplatte und einer Hüllsubstanz, der Plattensohle. Was nun die eigentlichen Endplatten und namentlich das Verhalten der dieselben nach dem Erwähnten zusammensetzenden Fasern in Bezug auf ihre Endigung anbelangt, so ist in erster Linie zu erwähnen, dass die letzteren an den nach der Löwit'schen Methode hergestellten Präparaten stets freie Enden zeigen. Meist zeigen sich die Fasern an ihrem Ende etwas verdickt, manchmal sind sie auch nur zugerundet oder zugespitzt, ohne eine Zunahme ihres Dickendurchmessers zu erfahren. Ihre Beschaffenheit anlangend, so stellen sich die erwähnten Fasern sowohl am Ende, als an ihren Rändern, als an der den Muskelfasern zugekehrten Fläche, stets vollkommen scharf umrissen dar und gehen nie in feinere, nach dem Inneren der Muskelfasern ausstrahlende Fasern über, ja zeigen nicht einmal ausgefranzte oder mit kleinen Fortsätzen versehene Ränder. Da somit die, die sog. Endplatte bildenden Fasern frei enden, stellt sich die Endplatte dar als eine Verästelung der zutretenden Nervenfaser in eigenthümliche den Muskelfasern flach anliegende Terminalfasern und ist der plattenartige Charakter des Endorgans also nur dadurch

bedingt, dass die die Endverästelung bildenden Fasern eng aneinander gedrängt verlaufen und die Enden derselben in dem von der körnigen Unterlagesubstanz eingenommenen Raume sich halten. Von diesem Verhältniss nun findet sich in manchen Fällen, wie ich erwähnen muss, eine Ausnahme. Hie und da nemlich geht von einer oder der anderen der die Endplatten zusammensetzenden Terminalfasern während ihres Verlaufes eine feinere Faser ab, die von der Platte weg an der Muskelfaser fortläuft. Was nun das Schicksal dieser Fasern anbetrifft, so konnte ich in den Fällen, in welchen ich solche von den Endplatten abtretende Fasern antraf, stets constatiren, dass dieselben an der Oberfläche der Muskelfasern sich hielten und endlich, ohne sich zu theilen und in weitere, die contractile Substanz durchziehende Fasern überzugehen, zu einigen in nicht sehr weiter Entfernung von der Endplatte und an derselben Muskelfaser gelegenen goldgefärbten Gebilden trat, die sich als den Terminalfasern anderer Endplatten entsprechend erwiesen. Es sind demgemäss die Fälle, in welchen ich von der Endplatte abtretende Nervenfasern beobachtete, in der Weise zu erklären, dass von den eine Endplatte bildenden Terminalfasern manchmal eine feine marklose Nervenfaser abgeht, um an derselben Muskelfaser so zu sagen eine sekundäre Endplatte zu bilden. Noch habe ich zu erwähnen, dass in dem von den Endplatten innegehaltenen Raume statt der beschriebenen verzweigten Fasern oder neben solchen nicht selten vollkommen isolirte, goldgefärbte Gebilde von kugliger oder unregelmässiger Form liegen, die dieselbe Farbe besitzen, wie die goldgefärbten Fasern der Endplatten oder die zutretenden Nervenfasern. Nach der vollkommen gleichen Färbung, welche, wie gesagt, diese Gebilde mit den Nervenfasern zeigen, stehe ich nicht an, dieselben für Theile der die Endplatten ursprünglich zusammensetzenden Fasern zu erklären und sie als Analoga der bläschenartigen Gebilde

zu erklären, die Kühne als Zerfallsproducte der Endplatte beschrieben hat.

Soviel über den Bau der eigentlichen Endplatte. Was noch die am Nervenhügel zu erwähnenden Verhältnisse betrifft, so ist in Bezug auf dieselben noch Folgendes zu erwähnen. Eine hügelartige Erhebung ist, wie schon Kühne dies beschrieben, nicht in allen Fällen an der Nervenendigungs-Stelle wahrzunehmen, sondern es liegt die nervöse Ausbreitung manchmal vollkommen flach der Muskelfaser an. Die in dem Nervenhügel von den Autoren aufgefundenen Kerne habe ich durch nachträgliche Anilin-Tinktion meiner Goldpräparate nicht darstellen können, wonach ich nicht im Stande bin, über ein etwaiges Verhältniss der Kerne zu den die Endplatten bildenden Fasern eine Aussage zu machen. Nachdem Kühne darauf aufmerksam gemacht hat, etwaige Beziehungen der unteren Plattenfläche zu der granulirten Sohle zu enträthseln, so habe ich bei allen beobachteten Endplatten darauf Acht gegeben, ob ein Beziehungen der beschriebenen Terminalfasern zu der Plattensohle andeutendes Verhältniss vorhanden ist, habe aber nie Structuren finden können, die für derartige Beziehungen gesprochen hätten.

II. Die Endigung der motorischen Nerven bei den Vögeln.

Wie aus der geschichtlichen Uebersicht hervorgeht, haben alle Forscher, welche über die motorische Nervenendigung bei den Vögeln gearbeitet haben, bei diesen Thieren Endplatten von ähnlichem Bau, wie ihn die der Säuger zeigen, aufgefunden. Dass in der That die in der Klasse der Vögel sich findenden Endorgane den Endplatten der Säugethiere entsprechen, war auch ich bei meinen Untersuchungen nachzuweisen im Stande. —

Ehe ich nun auf den Befund der Untersuchung selbst eingehe, ist es nöthig, über die angewandte Präparations-Methode Einiges zu sagen. Da sich bei den untersuchten Vögeln (d. h. bei der Ente und Taube) keine für die Vergoldung geeigneten, hinreichend dicken Hautmuskel-Schichten vorfinden, musste ich zur Vergoldung Theile der Stamm-Muskulatur wählen und demnach auch ein anderes Verfahren einschlagen. Zur Untersuchung verwandte ich die M. M. complexi cervicis, welche ich auf folgende Weise behandelte: Der von dem eben getödteten Thiere abgetrennte Muskel wurde der Länge nach in ca. 1—2 mm. dicke Stücke zerschnitten, diese in ca. 10 mm. lange Theile getheilt und dann mit verdünnter Ameisensäure (1 Thl. Säure von 1,06 spec. Gew. zu 2 Thln. Wasser) behandelt, bis sie von dieser vollständig durchdrungen und durchsichtig gemacht worden waren. Während die Muskelstücke sich in der Ameisensäure befanden, wurden sie mit Nadeln möglichst auseinander gezerrt, damit die Goldlösung in die einzelnen Fasern leichter eindringe; in die Goldlösung (Goldchlorid 1: 100) wurden die Stückchen direct aus der Ameisensäure gebracht und eine Viertelstunde lang darin gelassen. Nachdem die Muskelstückchen dann mit Wasser abgewaschen worden waren, legte ich sie, nach der von Löwit beschriebenen Methode, in eine Lösung von Ameisensäure von 1: 3 Thln. aqu. dest., in welcher sie 24 Stunden blieben. Die von Löwit angegebene Nachbehandlung mit der unverdünnten Säure liess ich weg. —

Untersuchte ich nun die auf diese Art vergoldeten Muskeln, nachdem ich sie möglichst fein mit Nadeln in ihre Fasern zerzupft und mit Glycerin aufgehellt oder durch die in Alcohol gehärteten Muskelstücke Längsschnitte angefertigt und diese nach Aufhellung in Nelkenöl in Canadabalsam aufbewahrt hatte, so stellten sich die Muskelfasern, um zuerst von diesen zu reden, in einer doppelten Weise dar. Entweder waren dieselben, obwohl an ihnen die Endplatten und

die zu diesen tretenden Nervenfasern auf's deutlichste gefärbt waren, vollkommen farblos und zeigten die gewöhnliche Quer- und Längsstreifung oder sie hatten eine rothe, manchmal auch mehr bläuliche Farbe angenommen. Im letzteren Falle zeigten sie deutliche, die Muskelfasern durchziehende, dunkler als die übrige Substanz gefärbte Längsstreifen, die eine faserähnliche Beschaffenheit dadurch documentirten, dass sie am Querschnitt der Muskelfasern als dunkle Puncte hervortraten. Diese Längsstreifen der vergoldeten Muskelfasern nun zeigten stets eine lichtere Färbung, als die zutretenden Nervenfasern und bestanden bei Betrachtung mit starken Objectiv-Systemen aus aneinander gereihten, kleinen Kügelchen ähnlichen Gebilden, wodurch sie ein rosenkranzförmiges oder gekerbtes Ansehen gewannen. —

Was nun die an den Muskelfasern der Vögel durch Anwendung der Löwit'schen Goldmethode zur Darstellung gebrachten Endplatten betrifft, so ist in erster Linie zu erwähnen, dass dieselben nicht, wie bei den Säugethieren, in der Regel aus untereinander zusammenhängenden, verzweigten Fasern, sondern aus kleinen, linienförmig aneinander gereihten Gebilden der verschiedensten Form gebildet sind, die sich wie dunkelgefärbte Tröpfchen darstellen. Durch die Gruppirung der durch die enge linienförmige Aneinanderlagerung der erwähnten Gebilde entstandenen Reihen zu einander entstehen dann Bildungen, die den Endplatten der Säugethiere vollkommen gleichen, mit den letzteren aber vollständig identisch sind, wenn man sich die Reihen der dunkelgefärbten Gebilde durch continuirlich zusammenhängende Fasern ersetzt denkt, resp. annimmt, dass dieselben durch den Zerfall von Fasern entstanden sind, die im lebenden Zustande die Endplatten bildeten. Dass wir nun zu dieser Annahme in der That berechtigt sind, ergibt sich 1) aus der stets reihenförmigen Gruppirung der er-

wähnten Gebilde, 2) aus dem von Kühne bereits beschriebenen Zerfall der marklosen Nervenfasern gleichwerthigen Endausbreitung der motorischen Nerven in kleine bläschenförmige Körper und dem bekannten rosenkranzähnlichen Aussehen vergoldeter, markloser Nervenfasern, die ja häufig ebenfalls aus reihenförmig angeordneten, isolirten Kügelchen bestehen, 3) aus der streckenweisen Erhaltung continuirlicher Fasern in den Endplatten und deren Fortsetzung in Reihen dunkelgefärbter Tröpfchen. Demgemäss sind wir berechtigt, den terminalen Organen der Muskelnerven bei den Vögeln denselben Bau zuzuschreiben, wie ihn die Endplatten der Säugethiere zeigen; dieselben bestehen also auch aus einer Verzweigung des Axencylinders, die sich den Muskelfasern flach anlegt. Die diese Verzweigung bildenden Fasern enden, wie sich in einer genügenden Anzahl von Fällen constatiren liess, frei und häufig etwas verbreitert. Der plattenförmige Charakter der beschriebenen Endorgane der Muskelnerven bei den Vögeln ist, wie noch zu bemerken ist, ebenfalls dadurch bedingt, dass die die terminale Verzweigung bildenden Fasern eng aneinander gedrängt sich halten und in ihrem Verlaufe zu einander sich hinbiegen, wobei sie also ein quasi abgegrenztes Stück der Oberfläche der Muskelfasern innehalten.

Bezüglich der übrigen an Löwit'schen Goldpräparaten an der Nervenendigungs-Stelle bei den Vögeln hervortretenden Verhältnisse ist zu erwähnen, dass an den vergoldeten Muskelfasern nie ein deutlicher Nervenhügel wahrgenommen werden konnte und dass sich auch keine körnige Plattensohle vorfand. Da körnige Substanz sowohl als Nervenhügel von den Autoren, welche die Nervenendigung bei Vögeln untersucht haben, aufgefunden wurden, so mögen wohl die bei der Vergoldung in Anwendung gekommenen Reagentien diese Gebilde in der Weise verändert haben, dass sie an meinen Präparaten nicht hervortraten. —

III. Die Endigung der motorischen Nerven bei den Reptilien.

Während die motorischen Endorgane der Vögel, wie wir gesehen haben, von denen der Säuger im vergoldeten Zustande ein wenig abweichen, schliessen sich an die letzteren die Endplatten der Reptilien vollkommen an. Aus dieser Klasse verwandte ich Lacerta viridis zu meinen Untersuchungen und vergoldete Oberarm- und Oberschenkelmuskeln von diesem Thiere genau nach der im vorigen Abschnitt angegebenen Methode.

Die vergoldeten Endplatten von Lacerta bestehen, wie bei den Säugethieren aus einer der Muskelfaser flach anliegenden, verzweigten Ausbreitung des Axencylinders, deren Aeste auf einen bestimmten Rayon der Muskelfaser-Oberfläche sich begrenzend, eng aneinander gedrängt verlaufen und endlich frei, meistens in Form verschieden gestalteter Anschwellungen, enden. In schönster Weise ist namentlich an den Eidechsenmuskeln zu sehen, dass die Endausbreitung der Muskelnerven ausgesprochen ist in einer von gesondert verlaufenden Terminalfasern gebildeten Verästelung. Was die übrigen Verhältnisse an der Nervenendigungs-Stelle anbelangt, so finden sich an den vergoldeten Muskelfasern der Eidechse meist ausgeprägte Nervenhügel, in denen auch ein neben und unter den Terminalfasern befindlicher Goldniederschlag vorhanden ist, der vielleicht der Plattensohle Kühne's entspricht.

Anlangend nun die Beschaffenheit der vergoldeten Muskelfasern der Eidechse, so sehen wir dieselben ebenfalls von dunkelgefärbten Längsstreifen durchzogen, die jedoch eine bedeutend hellere Nuance der Goldfärbung besitzen, als die zutretenden Nervenfasern und deren Endfasern. Diese Längsstreifen zeigen sich zusammengesetzt aus kleinen Kör-

perchen von rundlicher Gestalt, welche eng aneinander gedrängt auf einander folgen. Wenn nun die die Längsstreifen zusammensetzenden Körperchen in den neben einander verlaufenden Längsstreifen alle in einer Muskelfaser in gleicher Höhe liegen und durch gleiche Zwischenräume getrennt sind, so resultirt eine parallele, gleichmässig über die ganze Muskelfaser vertheilte Querstreifung, während, wenn die die einzelnen Längsstreifen zusammensetzenden Körperchen in ungleichen Höhen an den verschiedenen Partieen des Dickendurchmessers liegen, unregelmässig, zickzackförmig durch die Muskelfaser verlaufende Querlinien entstehen. In manchen Fällen endlich sieht man die quere Anordnung der erwähnten Körperchen gänzlich aufgehoben und dann isolirt die Muskelfaser durchziehende Längsstreifen allein in der contractilen Substanz, die aus denselben kleinen Körperchen sich zusammensetzen. Aus dem Geschilderten ergibt sich, dass aneinander gereihte, bei der Vergoldung stärker als die umgebende Substanz gefärbte Körperchen in den vergoldeten Muskelfasern bald durch quere Anordnung Querstreifen, bald durch Aneinanderlagerung in der Längsrichtung Längsstreifen darstellen. Auf die Deutung dieser Verhältnisse werde ich später zurückkommen. Hier noch so viel, dass zwischen den geschilderten Längsstreifen und den die Endplatten bildenden Terminalfasern nie auch nur eine Andeutung eines Zusammenhanges wahrzunehmen war.

IV. Die Endigung der motorischen Nerven bei den Amphibien.

Von den Amphibien habe ich aus den beiden Ordnungen der Caudaten und Ecaudaten je einen Repräsentanten, von den ersteren Salamandra maculata, von den letzteren Rana esculenta untersucht. Mein Verfahren

betreffend, so verwandte ich zur Darstellung der Nervenendigung die Muskeln an der Beugeseite des Oberschenkels, die ich, in kleine Stückchen zerschnitten, in verdünnter Essigsäure quellen liess, da ich mit der Einlage in verdünnte Ameisensäure längere Zeit hindurch keine günstigen Resultate erhalten hatte. Im Uebrigen verfuhr ich ganz nach der im Abschnitt über die motorische Nervenendigung bei den Vögeln beschriebenen Weise.

Was nun die durch Anwendung dieser Methode beim Frosche erhaltenen Befunde anbelangt, so zeigt sich an den Muskelfasern auf das Deutlichste jenes aus parallel der Längsaxe der Muskelfasern verlaufenden, langgestreckten Fasern bestehende terminale Fasersystem, das von Kühne entdeckt und nach ihm von zahlreichen Autoren bestätigt worden ist. Dasselbe kommt dadurch zu Stande, dass eine Nervenfaser, an die Muskelfaser herantretend, sich meistens theilt und diese Theilfasern entweder unmittelbar oder nach wiederholter Theilung in parallel der Längsrichtung der Muskelfasern verlaufende Fasern, welche eine eigenthümliche Beschaffenheit im vergoldeten Zustand zeigen, übergehen, dass ferner die auf diese Weise entstandenen Fasern, in einiger Entfernung von einander, an der Oberfläche der Muskelfasern verlaufen.

Die dieses Fasersystem bildenden Fasern zeigen vergoldet eine eigenthümliche Beschaffenheit dadurch, dass die zutretende Nervenfaser, nachdem sie ihr Mark verloren und sich zu einem sehr feinen Axencylinder umgestaltet hat, auf einmal sich bedeutend verbreitert und eigenthümlich unbestimmte und zackige Contouren annimmt. Die auf diese Weise gebildeten Fasern zeigen damit das Ansehen specifisch beschaffener Fasern, die wir, weil sie frei enden, wie ich gleich zu erwähnen habe, als Terminalfasern bezeichnen dürfen. Die unbestimmte Contourirung dieser Terminalfasern darf nun nicht so gedeutet werden, als ob

sie eine Continuität mit abtretenden Nervenfasern, wie es nach Gerlach's Annahme ja denkbar wäre, anzeigte. Nie nemlich zeigte sich mir eine Fortsetzung des Randcontours der Fasern in abtretende Fasern und in einer sehr grossen Anzahl von Fällen (d. h. an meinen sämmtlichen Goldpräparaten) fand ich die Fasern so scharf begrenzt, dass ich jeden Zusammenhang mit anderen Gebilden leugnen kann. Auch das Ende der Terminalfasern zeigt eine vollkommen scharfe Begrenzung gegen die contraktile Substanz und lässt nie feine Fasern abtreten. Dasselbe stellt sich manchmal zugespitzt, manchmal zugerundet, manchmal in verschiedener Gestalt verbreitert dar. Den Terminalfasern liegen, wie endlich noch zu erwähnen ist, häufig Kerne an, welche keine weiteren Strukturverhältnisse zeigen. Da dieselben nicht an allen Terminalfasern sich finden, können sie für dieselben nicht als constante Vorkommnisse gelten.

In ähnlicher Weise, wie nach dem Geschilderten die Nervenendigung an den Muskelfasern des Frosches sich verhält, ist auch der motorische Nervenendapparat des Salamanders beschaffen. Das Fasersystem besteht jedoch, indem die Verzweigungen bedeutend weniger zahlreich sind, als beim Frosche, aus einer viel geringeren Zahl von Fasern. Die Terminalfasern von Salamandra sind ferner nicht durch die zackigen Contouren ausgezeichnet, wie sie uns die Terminalfasern des Frosches darbieten, sondern bestehen (im vergoldeten Zustand natürlich) aus kugligen durch feine Fasern zusammenhängenden Gebilden, wodurch sie das Ansehen exquisit rosenkranzförmiger, markloser Nervenfasern erhalten. Die Endigung dieser Fasern betreffend, so geschieht dieselbe meist in einer, den im Verlaufe der Faser vorhandenen, kugligen Verdickungen ähnlichen Anschwellung, die eine vollkommen scharfe Absetzung gegen die contractile Substanz wahrnehmen lässt.

Was endlich noch die Beschaffenheit der nach der Löwit'schen Methode vergoldeten Muskelfasern der genannten Amphibien betrifft, so zeigen dieselben, wie die der Vögel ein doppeltes Verhalten. Entweder sind sie bei der Vergoldung vollkommen farblos geblieben oder zeigen nur eine allgemeine röthliche Färbung, in welchen Fällen sie die gewöhnliche Quer- und Längsstreifung besitzen, oder aber sie zeigen sich von eigenthümlichen, dunkelroth gefärbten Längsstreifen durchzogen, die in einer blassröthlich gefärbten Zwischensubstanz eingelagert sind. Was die näheren Strukturverhältnisse dieser Längsstreifen anbelangt, so sind dieselben aus aneinander gereihten Kügelchen oder auch mehr Strichen ähnlichen Gebilden zusammengesetzt, wodurch sie ein rosenkranzähnliches oder gekerbtes Ansehen erhalten. Die Längsstreifen durchziehen die Muskelfasern meist in parallelem Verlaufe, sind jedoch häufig nicht durchlaufend, indem sie an einer Stelle der Muskelfaser aufhören, an einer anderen wieder beginnen, in manchen Muskelfasern werden sie auch ersetzt durch unregelmässig durcheinander laufende, häufig wellig gebogene, kürzere Streifen, die in Folge ihrer unregelmässigen Lagerung den Muskelfasern ein eigenthümlich gesprenkeltes Ansehen verleihen. Auf die Deutung dieser Verhältnisse werde ich später zurückkommen.

V. Die Endigung der motorischen Nerven bei den Fischen.

Was diese letzte Klasse der Vertebraten betrifft, so gelang es mir, trotz mehrfach und lange Zeit hindurch wiederholter Versuche, nicht, bei denselben das terminale Verhältniss der Muskelnerven aufzudecken. Zur Untersuchung verwandte ich hauptsächlich die Augenmuskeln vom Hecht,

Karpfen und Dorsch und versuchte hiebei alle Modificationen der Löwit'schen Methode, die ich durch einen ziemlich langen Gebrauch dieser Methode kennen gelernt. Gefunden habe ich bei diesen Versuchen nur, dass die Nervenfasern, wie es durch die bekannten Untersuchungen von Brücke und Müller längst festgestellt worden ist, sehr zahlreiche Theilungen während ihres Verlaufs zwischen den Muskelfasern erfahren, dass sie hiebei immer feiner werden und endlich, indem allmählig der Goldniederschlag in ihnen aufhört, der Beobachtung sich entziehen. Auf der anderen Seite fand ich an einzelnen Muskelfasern eigenthümliche, spindelförmige Gebilde, die durch die Vergoldung eine gleiche Farbe, wie die gröberen, noch markhaltigen Nervenfasern angenommen hatten, und die, während sie einerseits zugerundet oder zugespitzt endigten, auf der anderen Seite in feine, durch Verschwinden des Goldniederschlags endlich unsichtbar werdende Fortsätze übergingen. Einen Zusammenhang dieser Fortsätze mit den feinen Fortsetzungen der Nervenfaser konnte ich nie nachweisen und bin ich sonach nicht im Stande, die erwähnten Gebilde als nervös und als Endapparate der im Muskel verlaufenden Nervenfasern aufzufassen. Ich kann nach dem Gesagten also keine von den in der Literaturübersicht aufgeführten Angaben über die Endigung der motorischen Nerven in der Klasse der Fische bestätigen, wie ich auch keine neue Angabe über das terminale Verhalten der Muskelnerven bei diesen Thieren zu machen im Stande bin. Soviel aber konnte ich bei meinen Versuchen wahrnehmen, dass die letzten Ausläufer der Nervenfaser nicht in das Innere der contraktilen Substanz treten und auch keine die letztere durchziehenden feinen Nervenfasern entstehen lassen.

Nachdem ich somit einen Ueberblick über die Verhältnisse der motorischen Nervenendigung bei den fünf Klassen der Wirbelthiere, wie sie der durch Anwendung der Löwit'schen Goldmethode erhaltene Befund uns kennen lehrte, gegeben habe, gehe ich über zu der Besprechung der Punkte, welche in Bezug auf die Endigung der motorischen Nerven in der Literatur als nicht entschieden sich darstellen. Zuerst habe ich hiebei auf die oben als in erster Linie wichtig bezeichnete Frage einzugehen, ob in oberflächlichen Terminalorganen oder in einem das Innere der contractilen Substanz durchziehenden Nervennetze allgemein die Endigung der motorischen Nerven geschieht. —

Diese Frage nun kann offenbar nur dadurch entschieden werden, dass wir, nachdem durch Anwendung der Löwit'schen Goldmethode an den Muskelfasern die Existenz nervöser Organe, welche als wirkliche Fortsetzungen der Nervenfasern sich darstellen, sichergestellt ist, nachweisen, dass diese Organe das wirkliche, morphologisch gegen die contractile Substanz abgesetzte Ende der Nervenfaser darstellen, resp. dass die von Gerlach, Sokolow, Arndt und Margo als nervös beschriebenen, intramuskulären Fasern und Netze von Fasern mit den erwähnten Organen nicht zusammenhängen. Dieser Nachweis nun scheint mir in doppelter Weise geliefert werden zu können. Dass in Bezug auf die morphologische Abgrenzung der bei den 4 ersten Klassen der Wirbelthiere sich findenden Terminalorgane in erster Linie der Nachweis geliefert werden muss, dass zwischen den dieselben bildenden Fasern und den von den oben erwähnten Autoren als nervös bezeichneten intramuskulären Elementen kein Zusammenhang existirt, ist einleuchtend. Da aber die genannten intramuskulären Elemente, wenn nicht nervös, nur der contraktilen Substanz angehören können, andrerseits aber die nervösen Gebilde alle eine so zu sagen specifische Verwandtschaft zu Gold besitzen, kann der erwähnte, erste

Beweis durch den zweiten gestützt werden, dass die intramuskulären Elemente ein anderes Verhalten gegen Gold besitzen, als die zutretenden Nervenfasern und deren Terminalorgane.

Um nun den ersten der erwähnten Beweise beibringen zu können, muss ich zuerst auf die Angaben Gerlach's eingehen und um diese zu erklären, auf die Verhältnisse der motorischen Nervenendigung bei den Amphibien zurückkommen. Bei diesen Thieren enden, wie ich nach Befunden an Löwit'schen Goldpräparaten oben angegeben habe, die das Kühne'sche Fasersystem bildenden Fasern frei und vollkommen scharf abgesetzt. Da nun Gerlach diese Fasern continuirlich in intravaginale Nervenfasern übergehen lässt, müssen wir das Verhältniss der das Fasernsystem der Amphibien bildenden Fasern zu den von Gerlach als intravaginale Nervenfasern bezeichneten Gebilden näher betrachten. In der in der Literatur-Uebersicht citirten Arbeit habe ich nachzuweisen gesucht, dass die intravaginalen Nervenfasern Gerlachs den an Löwit'schen Goldpräparaten von Froschmuskelfasern hervortretenden Längsstreifen entsprechen[1]), eine Annahme, die seitdem auch von Gerlach in seiner letzten Arbeit[2]) dadurch bestätigt wurde, dass er bei der Längsansicht vergoldeter Muskelfasern hervortrende Längsstreifen beschreibt, welche streifenartige Verdickungen des die contraktilen Cylinder umgebenden nervösen Mantel's darstellen und mit den die erste Verästelung der zutretenden Nervenfasern bildenden Fasern (dem intravaginalen Nervenplexus) in directer Continuität stehen sollen.[3]) Betrachten wir nun das Stück einer mit goldgefärbten Längsstreifen versehenen Muskelfaser, welches die nervöse Ausbreitung trägt, an einem Löwit'schen Gold-

---

[1]) Nr. 117, u. 120 pag. 377. — [2]) Nr. 121 pag. 412. — [3]) l. c. pag. 409.

präparat, so sehen wir das bald mehr zugespitzte, bald mehr zugeendete Ende der das Fasersystem bildenden Fasern in all' den Fällen auf's Schärfste abgesetzt, in welchen es in die zwischen den Längsstreifen befindlichen hellen Zwischenräume fällt. Trifft dagegen das Ende einer der genannten Fasern direct mit einem Längsstreifen zusammen, so kann der Anschein entstehen, dass beide Gebilde unmittelbar zusammenhängen. Dieser Anschein entsteht aber immer nur dann, wenn die die nervöse Ausbreitung bildenden Fasern keine starke Goldfärbung zeigen, die Längsstreifen aber dunkel gefärbt sind, er ist dagegen nie vorhanden bei intensiver Schwärzung des terminalen Fasersystems; dann nemlich treten die das letztere bildenden Fasern in einer Weise hervor, dass die Längsstreifen vor ihnen bedeutend zurücktreten und die scharfe Abgrenzung der Nervenfaser-Enden aufs Deutlichste wahrzunehmen ist. Da nun das Kühne'sche Fasersystem an der Muskelfaser stets ganz oberflächlich gelegen ist, die die contraktile Substanz durchziehenden Längsstreifen aber, wie durch den Wechsel der Einstellung erkannt werden kann, immer unter den erwähnten Terminalfasern hinziehen, so kann der erwähnte Fall der Continuität zwischen den letztgenannten Fasern und den Längsstreifen wohl auch in der Weise erklärt werden, dass dieselbe nur vorgetäuscht wird, indem ein Längsstreifen direct unter einer Terminalfaser verläuft und mit dem Ende derselben zusammentreffend unter ihr hervorkommt. Es kann somit der Fall eines scheinbaren Uebergangs der Terminalfasern in Längsstreifen keineswegs als sicherer Beweis für die Fortsetzung der das Kühne'sche Fasersystem bildenden Fasern in intravaginale Nervenfasern betrachtet werden. Nachdem aber ausserdem in allen anderen Fällen eine deutliche Abgrenzung des Endes der Terminalfasern beobachtet werden konnte, liegt Grund genug vor, die freie Endigung der die nervöse Ausbreitung

an den Muskelfasern der Amphibien bildenden Fasern zu behaupten und den Uebergang in Längsstreifen zu leugnen. Für die Thatsache, dass zwischen Terminalfasern und Längsstreifen kein Zusammenhang besteht, spricht noch folgende Beobachtung. Wenn ich nach der Löwit'schen Methode vergoldete Muskelfasern des Frosches nach mehrtägiger Mazeration in Wasser unter dem Deckglase stark comprimirte, gelang es mir häufig, den contraktilen Inhalt aus dem Sarcolemm-Schlauche herauszupressen. Durchmusterte ich nun solche Präparate, so fand ich zwischen den mit goldgefärbten Längsstreifen versehenen Bruchstücken des Inhalts der Muskelfasern Stellen, an welchen das Kühne'sche System von Terminalfasern in eben der Beschaffenheit und Lagerung, wie es an der mit Längsstreifen versehenen Muskelfaser sich darstellte, isolirt von dem contraktilen Inhalt, auf einem farblosen Grunde liegend sich darstellte, ein Befund, der kaum anders zu erklären sein dürfte, als in der Weise, dass das erwähnte Fasersystem in diesen Fällen durch den Druck von dem Muskelinhalt getrennt wurde und, an dem Sarcolemm von aussen oder innen haften bleibend, an diesem liegend sich präsentirte. Wäre es nun in der That der Fall, dass von den das Kühne'sche Fasersystem bildenden Fasern Längsstreifen abträten, so hätte es sich wohl kaum ereignen können, dass die nervöse Ausbreitung, wie es nach dem Mitgetheilten der Fall war, unter vollkommener Erhaltung ihrer Integrität von der die Längsstreifen enthaltenden, contraktilen Substanz sich getrennt hätte, sondern dieselbe wäre, wenn von ihr die Längsstreifen ausstrahlen würden, entweder zerrissen worden oder es wären an ihr Längsstreifen hängen geblieben.

Gehe ich nun über auf die Besprechung der Frage, ob die von Gerlach als nervös betrachteten Längsstreifen dasselbe Verhalten gegen Gold zeigen, wie die das Kühne'sche Fasersystem bildenden Fasern, oder ob sie in diesem

Puncte sich von ihnen unterscheiden, so sehen wir 1) dass, wenn die das erwähnte Fasersystem bildenden Fasern auf's intensivste sich gefärbt haben, die Längsstreifen stets eine ziemlich bedeutend hellere Nuance der Goldfärbung darbieten. 2) Finden wir, dass bei Anwendung der Löwit'schen Goldmethode Fälle eintreten, in denen die vergoldete Muskelfaser gar keine Längsstreifen zeigt, sondern nur in einem blassröthlichen Tone allgemein gefärbt sich darstellt, das Kühne'sche Fasersystem aber, auf's prägnanteste gefärbt mit deutlich abgesetzten Enden der Terminalfasern versehen an derselben vorhanden ist. Beide Befunde können übereinstimmend dahin gedeutet werden, dass die Längsstreifen eine geringere Verwandtschaft zu Gold besitzen, wie die Nervenfasern, und demgemäss sich schwieriger als die letzteren färben. Für eine nicht nervöse Natur der Längsstreifen aber scheint mir namentlich das letzterwähnte Verhältniss, dass, während das terminale Fasersystem deutlich gefärbt hervortritt, die Längsstreifen ungefärbt bleiben, einigen Anhaltspunct zu gewähren. Dasselbe führt nemlich, wenn man annimmt, dass die Längsstreifen nervöse Gebilde sind, nothwendig zu der Annahme, dass die Nervenfasern an dem als Ende der sogenannten Terminalfasern hervortretenden Puncte, wenn sie hier in die Längsstreifen übergingen, plötzlich eine vollkommen andere, chemische Beschaffenheit und demgemäss ein anderes Verhalten gegen Gold annehmen würden, was wohl kaum wahrscheinlich sein dürfte. Da nun der Befund, dass die nervöse Ausbreitung an den Muskelfasern sich gefärbt darstellte, während die Längsstreifen in denselben nicht hervortreten, nicht nur mit der Löwit'schen, sondern auch mit der Gerlach'schen und Cohnheim'schen Methode gemacht wurde, fällt auch der Einwurf, dass der Methode von Gerlach eine wesentlich andere Wirkung in Bezug auf die Darstellung der Nervenfasern in den Muskeln zuzuschreiben wäre.

Nachdem somit der Beweis, dass zwischen den das Kühne'sche Fasersystem bildenden Fasern und den Längsstreifen kein Zusammenhang existirt, durch den weiteren Thatbestand unterstützt wird, dass die Längsstreifen gegen Gold anders sich verhalten, als die Fasern der nervösen Ausbreitung, muss ich für die Amphibien einmal die Existenz besonderer Terminalorgane aufrecht erhalten, den Zusammenhang intramuskulärer Fasern mit denselben aber in Abrede stellen und die von Gerlach als intravaginale Nervenfasern betrachteten Elemente für Bestandtheile der contraktilen Substanz ansprechen.

Was nun das Verhältniss der die Endplatten bildenden Fasern zu intramuskulären Elementen anbelangt, so zeigen sich dieselben bei den 3 ersten Wirbelthierklassen, wie ich oben erwähnt habe, in übereinstimmender Weise auf's Schärfste begrenzt und bieten nie eine Andeutung der Fortsetzung in weitergehende Elemente. Da ferner bei den 3 ersten Klassen der Vertebraten das Resultat erhalten wurde, dass die Nervenfasern und ihre Endorgane allein gefärbt wurden, während die Muskelfasern farblos blieben und in ihnen keine Längsstreifen hervortraten, so reiht sich dem Beweise, dass die die Endplatten bildenden Fasern keine weiteren Fortsetzungen aussenden, ebenfalls die Thatsache an, dass die die unmittelbare Fortsetzung der zuführenden Nervenfasern bildenden Organe ein anderes Verhalten gegen Gold zeigen, als die als Längsstreifen des contraktilen Inhalts hervortretenden Elemente. Demgemäss muss ich den Angaben Gerlach's gegenüber auch für die 3 ersten Klassen der Vertebraten die als Endorgane der motorischen Nerven beschriebenen Organe für die factischen Terminalorgane erklären.

Da nun den Endorganen der motorischen Nerven bei den Wirbelthieren entsprechende Organe auch bei den Wirbellosen aufgefunden sind und a priori schon nicht

anzunehmen ist, dass ganz entgegen dem bei den Wirbelthieren herrschenden Princip die Muskelnerven bei den Wirbellosen in intramusculären Fasernetzen endigen, dürfte die oben aufgeworfene Frage, ob in oberflächlichen Terminalorganen oder in einem das Innere der contractilen Faser durchziehenden Nervennetze die Endigung der motorischen Nerven geschieht, für die ganze Thierreihe in der Weise beantwortet werden, dass die von den meisten Untersuchern angenommenen Terminalorgane als die wahren Endapparate der motorischen Nerven anzusehen sind.

Was nun die Frage betrifft, welche Bestandtheile der contractilen Substanz es sind, welche von Gerlach, Sokolow, Arndt und Margo als intramusculäre (intravaginale) Nervenfasern beschrieben werden, so schliesse ich mich in Bezug auf die Erklärung der Angaben Margo's und Arndt's der Annahme an, welche Kühne[1]), Engelmann[2]) und Calberla[3]) vertreten, indem sie die von den erwähnten Forschern beschriebenen, intramusculären Fasern als interstitielle Körnchenreihen erklären. Was die sich hauptsächlich auf Befunde beim Frosche sich stützenden Angaben Gerlach's und Sokolow's betrifft, so möchte ich von den durch ihre Goldfärbung hervortretenden Längsstreifen der Froschmuskelfasern, die ja identisch sind mit den intravaginalen Nervenfasern Gerlach's und deren Fortsetzungen, annehmen, dass sie Längsschnitten der die Muskelsäulchen umgebenden Mäntel der isotropen Substanz entsprechen, welche mit Gold, gegen welches sie sich energisch reducirend verhält, sich ziemlich intensiv gefärbt hat. Damit schliesse ich mich den letzten Angaben von Gerlach[4]) an, mit dem Unterschiede jedoch, dass ich die die anisotropen Cylinder umgebenden Mäntel nicht als nervös betrachte. Dass die

---

[1]) Nr. 100 pag. 166. — [2]) Nr. 57 pag. 9. — [3]) Nr. 110 pag. 175 u. 176. — [4]) Nr. 121 pag. 412.

Längsstreifen vergoldeter Muskelfasern der Amphibien gleich sind der isotropen resp. der interfibrillären Substanz hat Biedermann in einer jüngst erschienenen Abhandlung [1]) vor mir bereits angegeben. Die Differenz in der Erklärung der Angaben von Margo und Arndt einerseits, von Gerlach und Sokolow andrerseits scheint mir vielleicht in der Weise gedeutet werden zu können, dass bei der Behandlung der Muskeln mit verdünnten Säuren, wie sie Arndt und Margo hauptsächlich anwendeten, mehr die interstitiellen Körnchen-Reihen der isotropen Substanz hervortreten, während bei Anwendung der Goldmethode die gesammte isotrope, (interfibrilläre) Substanz gefärbt wird. Was noch die bei den 3 ersten Klassen der Wirbelthiere erhaltenen Befunde von Längsstreifen der Muskelfasern, die ich oben beschrieben habe, betrifft, so kann ich mich in Bezug auf diese der für die Amphibien aufgestellten Ansicht nicht anschliessen, da die Längsstreifen, die ich bei Vögeln und Reptilien und in ziemlich übereinstimmender Weise auch bei Säugethieren gefunden habe, am Querschnitt der vergoldeten Muskelfaser nicht farblose Muskelsäulchen umgebenden, dunkel gefärbten Ringen entsprechen, wie sich das Verhältniss bei den Amphibien darstellt, sondern hier als in einer farblosen Zwischensubstanz befindliche dunkle Punkte hervortreten. Wie ich im Absatz über die motorische Nervenendigung bei den Reptilien beschrieben habe, haben bei diesen die die Längsstreifen zusammensetzenden Körperchen auch eine Beziehung zu Querstreifen der Muskelfasern, ein Umstand, der, zusammengenommen mit dem eben vorher erwähnten Verhältniss, zu der Vermuthung führen kann, dass bei den 3 höchsten Klassen der Wirbelthiere die Längsstreifen der vergoldeten Muskelfasern Bestandtheilen der anisotropen Substanz d. h. den Muskel-

[1]) Nr. 122.

fibrillen entsprechen. Da ich aber meine Untersuchungen nicht über das Verhalten der contractilen Substanz gegen Gold ausdehnen konnte, ist die eben gemachte Angabe nur als eine Vermuthung aufzufassen.

Nachdem nun die Existenz der von den Autoren beschriebenen Terminalorgane nach dem oben Erwähnten als sichergestellt zu betrachten ist, können wir übergehen auf die Controversen, welche in Bezug auf den Bau dieser Organe herrschen. Was in erster Linie die Frage betrifft, ob die Endorgane der motorischen Nerven unter oder über dem Sarcolemm gelegen sind, so habe ich bei meinen Untersuchungen leider keinen Anhaltspunkt dafür erhalten können, welche der beiden Annahmen die richtige ist. — Dass die Ansicht, der gesammte Nervenhügel stelle das Endorgan der zutretenden Nervenfaser dar, unrichtig ist, ergibt sich aus den übereinstimmenden Untersuchungs-Resultaten von Kühne, Cohnheim, Krause, Trinchese, Engelmann, Ewald und mir. — Als dritter Controverspunkt im Bau der motorischen Nervenendorgane der 3 ersten Wirbelthierklassen ist die Form des motorischen Endorgans zu betrachten, über welche seit 1863 ja der bekannte Streit zwischen Krause und Kühne besteht. Vergleichen wir nun die von den zwei erwähnten Forschern aufgestellten Ansichten mit einander, so erhellt, dass der Unterschied der beiden Anschauungsweisen darin gipfelt, dass Krause die in den Endplatten, (wie er den Nervenhügel Kühne's heisst) verlaufenden Terminalfasern von einander getrennt sein lässt, während Kühne annimmt, dass dieselben unter einander regelmässig Anastomosen eingehen und dadurch plattenartige Gebilde formiren. Nach meinen Befunden an Goldpräparaten kann ich nun die durch Anastomosen-Bildung bedingte Plattenform der motorischen Endausbreitung nicht als charakteristisch betrachten, da

erstens in der weitaus grössten Zahl der Fälle die Endplatten aus vollkommen getrennt verlaufenden Terminalfasern bestehen und zweitens, wenn eine Anastomosen-Bildung sich darzubieten scheint, dieselbe häufig in der Weise erklärt werden kann, dass die Terminalfasern nur über einander hinweglaufen oder sich nahe aneinander legen. Da somit in vergoldeten Endplatten, in denen die sie zusammensetzenden Fasern wegen ihrer dunklen Farbe doch ungemein deutlich hervortreten und von einander sich scharf abheben, dennoch in einzelnen Fällen eine scheinbare Anastomosen-Bildung hervortreten kann, scheint es mir auch nicht unwahrscheinlich, dass bei Untersuchungen an frischen Objekten, an welchen die sehr blassen und ungemein schwer sichtbaren Terminalfasern sowohl von einander als von der sie umgebenden Substanz sich sehr wenig abheben, derartige Kreuzungen und Aneinanderlagerungen der Terminalfasern den Schein wirklicher Anastomosen-Bildung hervorrufen können und dass hiedurch vielleicht Kühne bewogen wurde, die durch Anastomosen-Bildung bedingte Plattenform als die regelmässige Gestalt der motorischen Endorgane bei Reptilien, Vögeln und Säugern zu betrachten. Indem ich aber Kühne gegenüber die Plattenform der motorischen Endausbreitung leugne, habe ich gegen Krause hervorzuheben, dass das Vorkommen so weniger und vollkommen unverzweigter Terminalfasern, wie er sie in seinen ersten Arbeiten angenommen[1]), keineswegs als charakteristisch für die motorischen Endorgane der 3 ersten Wirbelthierklassen gelten kann, da dasselbe, obwohl für einzelne Fälle richtig, doch ungemein selten constatirt werden kann und als regelmässige Form des motorischen Nervenendorgans die zu gelten hat, welche in einer mehr oder minder reichen Verästelung in getrennt verlaufende Terminalfasern ausge-

[1]) Nr. 51 u. 56, Fig. 3, 4 u. 8. Nr. 64, 71, 80. s. auch Nr. 99 Fig. 25, 26.

sprochen ist. Ich schliesse mich in Bezug auf die Gestalt der motorischen Nerven-Endausbreitung somit den Anschauungen an, welche Krause in seinen letzten Arbeiten [1]) und Engelmann in der 1868 veröffentlichten Abhandlung [2]) vertreten. Für die terminale Verästelung aber behalte ich den von Kühne eingeführten Namen „Nervenendplatte“ als den kürzesten und gangbarsten bei.

Indem ich in Besprechung der Controverspunkte fortfahre, habe ich zunächst der Ansicht Arndt's, der sich Trinchese ziemlich nahe anschliesst, entgegenzutreten, dass der untere Theil des Nervenhügels, den Kühne als Plattensohle bezeichnet, ein nervöses Gebilde sei. Gegen diese Annahme spricht nemlich, dass erstens die Plattsohle bei der Goldbehandlung nie, wie die nervöse Endausbreitung, schwarz gefärbt wird, sondern vollkommen farblos bleibt und dass zweitens die die Endplatte bildenden Terminalfasern scharf abgesetzt enden, niemals in die Sohlensubstanz übergehen. — Es ist nun die Ansicht Krause's zu erwähnen, dass die feinkörnige Masse der Endplatten (d. h. des Nervenhügels) dargestellt werde nur von den Durchschnitten und Endanschwellungen der letzten Zweige der Terminalfasern, und dass demnach ausser diesen gar keine andere Substanz in den Endplatten vorhanden sei. Nun hat die Vergoldung bewiesen, dass die terminale Verästelung nie den ganzen Nervenhügel ausfüllt und zwischen und unter den Terminalfasern, wie dies Kühne bereits beschrieben, stets noch eine Substanz vorhanden ist. Die durch Verästelung des Axencylinder-Endes entstehenden Terminalfasern sind überhaupt weder so fein, noch so zahlreich, um durch ihr Beieinanderliegen das Bild einer so feinkörnigen Masse, wie sie den Nervenhügel erfüllt, hervorrufen zu können. Ich muss demgemäss den erwähnten An-

[1]) Nr. 99 pag. 74 Fig. 39. Nr. 116 pag. 491. — [2]) Nr. 94.

gaben Krause's gegenüber die Richtigkeit der Auffassung Kühne's aufrecht erhalten, dass der Nervenhügel ausser der Nervenendplatte aus einer körnigen Plattensohle besteht. Dass nun die Plattensohle nicht, wie Schönn annimmt, eine theilweise Fortsetzung der Markscheide der zutretenden Nervenfaser ist, hat durch Anwendung von Osmiumsäure, wie oben erwähnt, bereits Kühne nachgewiesen. Dass die Schönn'sche Annahme unrichtig ist, ergibt auch die Anwendung der Goldmethode: indem die Plattensohle bei der Goldbehandlung keine Färbung annimmt, kann sie, da das Nervenmark mit Gold sich stets auf's intensivste färbt, kein markhaltiges Gebilde sein. Dieses Verhalten der granulirten Substanz des Nervenhügels ist auch Boll gegenüber zu erwähnen, welcher dieselbe für nervös zu halten geneigt ist. — Ich komme jetzt noch auf die Angabe Krause's zu sprechen, dass das fein gezähnelte Ansehen, welches nach dem erwähnten Forscher die gegen die Muskelfaser zugekehrte Fläche der Endplatte (des Nervenhügels) zeigt, bedingt sei von den knopfförmigen Endanschwellungen der Terminalfaser-Aeste. Wie ich bei Besprechung der Literatur bereits angegeben, scheint mir diese Annahme Krause's die Meinung zu enthalten, dass die freien Enden der Terminalfasern senkrecht auf der Oberfläche der Muskelfaser stehen. Dass nun ein derartiges Verhältniss vorhanden ist, muss ich entschieden verneinen, nachdem die Vergoldung gezeigt hat, dass die terminale Verästelung stets vollkommen flach der Muskelfaser anliegt. Nachdem aber dies der Fall ist, ist es wohl auch nicht mehr denkbar, dass die Enden der Terminalfasern ein fein gezähneltes Ansehen der Grenze des Nervenhügels bedingen. — Was nun die Angaben Engelmann's anbelangt, dass die Basis der Endplatten (d. h. des Nervenhügels) in die contractile Substanz übergehe und dass die die nervöse Verästelung bildenden Fasern allmählich in die granulirte Substanz des Nervenhügels sich fort-

setzen, so muss ich der letzteren Annahme gegenüber die an Goldpräparaten hervortretende scharfe Absetzung der Enden der die Endplatten zusammensetzenden Fasern gegenüber stellen, während ich einen Uebergang der granulirten Substanz des Nervenhügels in die Muskelfaser, wenn ich einen solchen, wie Rouget, Kühne, Waldeyer und Krause, auch nicht constatiren konnte, doch nicht geradezu bestreiten kann. — Die Unrichtigkeit der Annahme Arndt's, dass die Basis der Endplatte intramusculär verlaufende Nervenfasern abgehen lasse, ergibt sich daraus, dass die Plattensohle, wie ich oben erwähnt, kein nervöses Gebilde ist und dass innerhalb der contractilen Substanz überhaupt gar keine Nervenfasern existiren. — Was nun endlich die von Leydig aufgestellte Behauptung betrifft, es seien die Endplatten nur Theile einer als Matrix des Sarcolemmas zu betrachtenden körnigen Substanz, so ergibt sich die Unrichtigkeit dieser Anschauung daraus, dass die Endplatten, weil eine unmittelbare Fortsetzung der zutretenden Nervenfaser darstellend, entschieden nervöse Gebilde sind. —

Indem ich nun zu den die Endigung der motorischen Nerven bei den Amphibien betreffenden Controverspunkten übergehe, habe ich, nachdem ich die Frage über die Lage der Endausbreitung an der Muskelfaser bereits oben besprochen, auf die Controverse einzugehen, dass als Nervenendorgan von den einen Autoren ein Fasersystem, von den anderen Endplatten beschrieben worden sind. Als regelmässiges Vorkommniss muss ich nach meinen Befunden an Goldpräparaten jedenfalls das Kühne'sche Fasersystem, wie ich es oben beschrieben habe, betrachten, dagegen muss ich zugeben, dass in einzelnen Fällen bei den Amphibien Endplatten vorkommen, d. h. aus kurzen, zu einander sich hinkrümmenden Fasern bestehende Endausbreitungen, die den Endorganen der 3 ersten Wirbelthierklassen

gleich sich verhalten. Ob dieselben nun den Endplatten entsprechen, wie sie von den früher erwähnten Autoren für die Amphibien beschrieben werden, vermag ich nicht anzugeben. In welchem Verhältnisse aber die bei Amphibien manchmal vorkommenden Endplatten zu dem terminalen Fasersystem stehen, darauf werde ich später zurückkommen. — In Bezug auf die Endigungsart der das Kühne'sche Fasersystem zusammensetzenden Fasern ergibt sich aus dem durch Anwendung der Goldmethode erhaltenen Befunde, dass die Annahme freier Enden für die das Fasersystem bildenden Fasern die richtige ist. — Was endlich die von Kühne beschriebenen Nervenendknospen betrifft, so muss ich dieselben nach dem oben Erwähnten als Kerne erklären und mich hiemit der Reihe der diese Ansicht vertretenden Autoren, die ich früher genannt, anschliessen. —

In Bezug auf die die motorische Nervenendigung bei den Fischen betreffenden Controversen kann ich, nachdem ich für diese Klasse der Wirbelthiere, bei meinen Untersuchungen keine Resultate erhalten, keine Angaben machen. —

Nachdem ich in dem vorliegenden Theile meiner Arbeit der Aufgabe mich entledigt habe, die Frage zu entscheiden, dass die Endigung der motorischen Nerven bei den Vertebraten in oberflächlich den Muskelfasern sich anlegenden Terminalorganen geschieht, und die in Bezug auf den Bau dieser Organe herrschenden Controversen erörtert habe, erübrigt mir, auf die in der ersten Periode der Geschichte der motorischen Nervenendigung aufgestellten Ansichten einzugehen und dann noch kurz den Standpunkt zu bezeichnen, an welchem unsere Kenntnisse über die Endigung der Muskelnerven bei den Wirbelthieren jetzt angelangt sind. —

Dass die von Prèvost und Dumas aufgestellten Endschlingen, die Valentin, Emmert und die anderen später erwähnten Autoren adoptirt haben, nicht die wahre Endigung der motorischen Nerven darstellen, wurde, wie erwähnt, vorzüglich durch die Untersuchungen Reichert's und Wagner's erwiesen. Die von den letztgenannten Autoren angenommenen freien Enden der Muskelnerven, für welche auch Schwann, Axmann, Köllicker, Frey und Leydig sich aussprechen, stellen, wie nach dem jetzigen Standpuncte unserer Kenntnisse erhellt, nur die letzte Verlaufsstrecke der an die Muskelfaser tretenden Nervenfaser dar, welche bei den von den genannten Autoren angewendeten Behandlungsmethoden, weil sie beim Uebergang in die Terminalorgane plötzlich ihr Mark verliert und ungemein blass wird, frei zu enden schien. Was nun noch die extramuskulären Nervenfasernetze anbelangt, die Schaafhausen und Beale beschreiben und welche später auch noch Arndt annimmt, so kann man sich in Bezug auf diese, nachdem durch die Goldbehandlung nie derartige Netze dargestellt werden können, wohl der Erklärung anschliessen, welche Kühne[1]) und Calberla[2]) vertreten. Nach diesen Autoren sind die erwähnten Nervenfaser-Netze nichts weiter, als Netze von Bindegewebs-Fasern und leeren Capillaren. — In Zusammenfassung aller in Bezug auf die Endigung der Muskelnerven bei den Vertebraten erhaltenen Aufschlüsse ergibt sich nun, dass die motorischen Nerven bei den drei ersten Klassen der Wirbelthiere in flächenhaft ausgebreiteten, aus getrennten und in verschiedener Richtung zu einander verlaufenden Terminalfasern bestehenden Verästelungen, den Nervenendplatten, endigen, dass ferner dieselben von einer körnigen, Kerne enthaltenden Substanz, der Plattensohle Kühne's, umhüllt

[1]) Nr. 100 pag. 166. — [2]) Nr. 110 pag. 177.

werden und mit dieser zusammen die aussen von einer die Fortsetzung der Nervenfaserscheide darstellenden Membran bekleideten Nervenhügel der Muskelfaser bilden. Bei der 4. Klasse der Vertebraten dagegen endet die motorische Nervenfaser in der Regel in einem aus sehr langgestreckten, der Längsaxe der Muskelfasern parallel verlaufenden Fasern bestehenden Fasersysteme, welche meist durch Verästelung einer einzigen zutretenden Nervenfaser gebildet wird. Dasselbe besitzt keine Unterlage-Substanz und tritt somit in unmittelbaren Contact mit der Muskelfaser.

Ich habe nun, als im letzten Abschnitte meiner Abhandlung noch den Versuch zu machen, die so verschieden gestalteten Endapparate der motorischen Nerven, zuvörderst bei den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere, unter einem gemeinsamen Gesichtspuncte aufzufassen und damit die Frage zu erledigen, ob in Bezug auf die motorische Nervenendigung nicht etwa ein die verschiedenen Formen der Endorgane unter sich begreifendes Grundprincip sich ausgesprochen finde. Die Endigungs-Arten der Muskelnerven unter einem gemeinsamen Gesichtspuncte aufzufassen, hat bereits Kühne[1]) den Versuch gemacht und seine Ansicht über das in der motorischen Nervenendigung zum Ausdruck gelangende Grundprinzip in folgender Weise formulirt: „In allen quergestreiften Muskeln endet der Nerv unter dem Sarcolemm, unter Verschmelzung der Schwann'schen Scheide mit dem letzteren. Die Markscheide begleitet den Axencylinder bis zu dieser Stelle. Das Ende des Axencylinders entspricht immer einer Ausbreitung mit bedeutend vermehrter Oberfläche, welche stets durch eine flach ausgebreitete Verzweigung gebildet wird. Diese Nervenendplatte ist bald mehr membranartig, bald einem Fasersysteme vergleichbar.

---

[1]) Nr. 100 pag. 165.

In den meisten Fällen ruht die Platte auf einer Sohle von Kernen und feinkörnigem Protaplasma, in anderen Fällen fehlt dieser Rest und die Nervenendplatten besitzen dann sogenannte Endknospen. Niemals dringt die Nervenendigung in das Innere des contraktilen Cylinders und nie umfasst sie seine ganze Peripherie. Kurze Muskelfasern pflegen nur eine Nervenendigung zu erhalten, lange Fasern mehrere."

Wenn ich nun jetzt ebenfalls den Versuch mache, ein in den verschiedenen Formen der motorischen Nervenendigung sich ausprägendes Grundprinzip aufzustellen, so scheint es mir gestattet zu sein, hiebei die das Ende der Nervenfaser selbst darstellenden, also eigentlich nervösen Gebilde, als den wichtigsten Theil des Nervenendapparats, allein zu berücksichtigen und die accessorischen Theile der Nervenendigungs-Stelle unbeachtet zu lassen.

In Betreff des eigentlichen Nervenfaser-Endes nun gibt Kühne, wie oben erwähnt, an, dass das Ende des Axencylinders immer einer durch eine flach ausgebreitete Verzweigung gebildeten Ausbreitung mit bedeutend vermehrter Oberfläche entspreche und die Nervenendplatte bald mehr membranartig, bald einem Fasersysteme vergleichbar sei. Ist es nun auch vollkommen richtig, dass bei den 4 ersten Klassen der Vertebraten in den motorischen Nervenendorganen das Princip der Oberflächen-Vermehrung durch Verzweigung des Axencylinder-Endes entschieden beobachtet wird, so ist es doch fraglich, ob das Verhältniss der flach ausgebreiteten Verzweigung auch wirklich das Grundprincip der motorischen Nervenendigung einschliesst. Gehe ich, bei dem Versuche dieses darzulegen, von den motorischen Nervenendorganen der Säuger aus, so bestehen dieselben, wie erwähnt, in den meisten Fällen aus flach ausgebreiteten Verzweigungen des Axencylinders, welche dadurch, dass ihre Zweige eng aneinander gedrängt verlaufen, plattenartige Gebilde darstellen. Dieser plattenartige Charakter ver-

schwindet nun in manchen Fällen ganz, wenn nemlich die Endorgane von wenigen und wenig oder gar nicht verzweigten Fasern dargestellt sind, die sich in ihrem Verlaufe auch mehr von einander entfernt halten. Manchmal aber erreicht der motorische Nervenendapparat bei den Säugethieren eine noch einfachere Gestaltung: Die zutretende Nervenfaser geht nemlich hie und da nicht in (verzweigte oder unverzweigte) Fasern über, sondern in Gebilde, die sich als einfache Verbreiterungen oder Anschwellungen des Axencylinder-Endes darstellen und ein oder mehrfach das Ende einer Nervenfaser bilden. Nun scheint mir von den erwähnten Formen, unter welchen das motorische Nervenendorgan bei den Säugern auftritt, die einfache Verbreiterung des Axencylinder-Endes die einfachste zu sein: die aus mehr oder minder reich verzweigten Fasern bestehenden Endausbreitungen stellen nemlich alle jedenfalls höher entwickelte Formen dar. Ist nun aber die Form der einfachen Endanschwellung die einfachste Gestalt, unter welcher das motorische Nervenendorgan bei den Säugethieren auftritt, so müssen sich von ihr die anderen Formen des Endorgans der motorischen Nervenfaser ableiten lassen. Dieses ist nun auch in der That der Fall. Gehe ich, um dieses darzuthun, von dem Princip der Oberflächen-Vermehrung aus, so ist der einfachste Fall, den wir uns bei der Endigung der motorischen Nervenfaser denken können, der, dass dieselbe, an der Muskelfaser angelangt, einfach sich verbreitert und mit dieser Verbreiterung an die Muskelfaser sich anlegt. Dieser Fall ist in der einfachen Endanschwellung gegeben. Eine weitere Vermehrung der Oberfläche tritt nun dann ein, wenn die Nervenfaser nicht in eine einfache Endanschwellung übergeht, sondern sich bei der Endigung theilt und die durch die Theilung entstandenen Elemente faserartige Beschaffenheit annehmen. Diesen Fall haben wir in den aus mehr oder minder reich verzweigten, stets

als verbreitert sich darstellenden Fasern bestehenden Endausbreitungen der motorischen Nervenfasern ausgesprochen, deren ausgebildetste Form die Nervenendplatte darstellt. Die Endplatten sind sonach nur eine weiter entwickelte Complication der Endigung der Nervenfasern in Anschwellungen, welche in einer zu weiterer Oberflächen-Vermehrung führenden Verzweigung des Axencylinder-Endes sich ausspricht. Indem wir die Endplatten also auf eine weitere Entwicklung des ursprünglich in Form einer einfachen Anschwellung auftretenden Endes des Axencylinders der motorischen Nervenfaser zurückführen, kann das Verhältniss zwischen den tiefer und höher stehenden Formen des motorischen Nervenorgans der Säuger auch in der Weise aufgefasst werden, dass wir sagen, das Ende der motorischen Nervenfaser besteht entweder aus einfachen oder aus mehrfachen, durch successive Theilung hervorgegangenen Anschwellungen, die, meist faserartige Beschaffenheit annehmend, als verbreiterte Terminalfasern hervortreten. Diese Auffassung gilt, da die Endplatten der Vögel und Reptilien denen der Säuger, wie ich dargethan zu haben glaube, vollkommen homolog sind, für die 3 ersten Klassen der Vertebraten. Was nun den motorischen Nervenendapparat der Amphibien betrifft, so ist von diesem, ehe wir danach sehen, ob er sich von derselben Form der einfachen Anschwellung, wie die Endplatten, ableiten lässt, erst nachzuweisen, ob er sich den Endplatten seinem Bau gemäss anreiht. Vergleichen wir nun den motorischen Nervenendapparat der Amphibien mit den bei den Reptilien, Vögeln und Säugethieren sich findenden Endorganen der Muskelnerven, so ergibt sich, dass beide Arten der Endorgane darin übereinstimmen, dass sie in gleicher Weise aus verbreiterten Terminalfasern bestehen, und hauptsächlich darin sich unterscheiden, dass bei den Amphibien die das terminale Fasersystem darstellenden Fasern sehr lang-

gestreckt sind und einen geraden, zu einander parallel gerichteten Verlauf besitzen, während die Fasern, welche die Endplatten bilden, eine verhältnissmässig sehr geringe Länge haben und, in verschiedener Richtung gegen einander verlaufend, zu einander sich hinkrümmen. Ein weiterer Unterschied zwischen Fasersystem und Endplatte ist darin gegeben, dass die Terminalfasern der Amphibien in ziemlich weiter Entfernung von einander verlaufen und somit eine ziemlich bedeutende Oberfläche der Muskelfaser bedecken, während die die Endplatten bildenden Fasern eng gedrängt verlaufen und ein verhältnissmässig sehr kleines Stück der Muskelfasern einnehmen. — Ferner unterscheiden sich die Endorgane der Amphibien von denen der höheren Wirbelthiere noch darin, dass die Fasern des terminalen Fasersystems der Amphibien manchmal Kerne tragen, während die Fasern der Endplatten stets kernlos sind. Da nun die Terminalfasern der Amphibien häufig auch keine Kerne besitzen, die letzteren also gar kein constantes Vorkommniss an denselben sind, so können die Kerne keinen durchgreifenden Unterschied der beiden Arten der motorischen Nervenendorgane begründen. Indem ferner die ersterwähnten Unterscheidungs-Momente, da sie ja nur die Verlaufsweise der Fasern betreffen, nicht als wesentlich sich darstellen, reiht sich das Fasernsystem der Amphibien den Endplatten an, dem von Kühne aufgestellten Princip der Oberflächen-Vermehrung durch Verzweigung folgend. Dass Fasersystem und Endplatte homologe Bildungen sind, ergibt sich auch daraus, dass dieselben wechselseitig für einander eintreten, d. h. dass bei Thieren, bei denen das Fasersystem die gewöhnliche Form des Endapparats der Muskelnerven ist, statt desselben manchmal auch Endplatten sich finden, während bei Thieren, bei welchen die Endigung der motorischen Nerven regelmässig in Endplatten geschieht, hie und da aus parallel verlaufenden Fasern bestehende

Fasersysteme vorkommen. So fand ich bei Salamandra maculata einmal eine deutliche Endplatte von einem ganz denjenigen der höheren Vertebraten entsprechenden Bau, bei der Taube aber ein aus parallelen Fasern bestehendes Fasersystem. — Indem somit das den motorischen Nervenendapparat der Amphibien darstellende Fasersystem den Endplatten vollkommen homolog ist, dürfte es sich vielleicht empfehlen, dasselbe nach Kühne's[1]) und Krause's[2]) Vorgang auch immer mit dem Namen „Nervenendplatte“ zu belegen. Was nun die Frage betrifft, ob die Endplatten der Amphibien von der Form der einfachen Anschwellung sich ebenfalls ableiten lassen, so ist dieselbe in bejahendem Sinne zu beantworten, weil die eigenthümlich verbreiterten Terminalfasern, wie die der höheren Vertebraten, als faserartig gewordene Endanschwellungen betrachtet werden können. Die Berechtigung dieser Annahme ergibt sich, wie mir scheint, hauptsächlich daraus, dass statt der langgestreckten Terminalfasern manchmal einfache Endanschwellungen auch bei den Amphibien das Ende einer zuführenden Nervenfaser darstellen. Es kann somit auch der motorische Nervenendapparat der Amphibien als eine Complication der Endigung in einfachen Anschwellungen betrachtet werden, die sich einerseits in der langgestreckten Faserform des Axencylinder-Endes, andrerseits in einer zur Einnahme einer grösseren Oberfläche führenden Verzweigung ausprägt. —

Indem ich die Endorgane der motorischen Nerven bei den Fischen, als nicht genügend bekannt, übergehe, trete ich in das Reich der Wirbellosen hinüber. Bei Betrachtung der uns für diese zu Gebote stehenden Summe von Erfahrungen über die Endigung der motorischen Nerven ergibt sich, dass, nach dem, was die Beobachtungen lehren, bei den

[1]) Nr. 100 pag. 165. — [2]) Nr. 99 pag. 95 ff. Nr. 116 pag. 496 ff.

Wirbellosen ein doppeltes Verhältniss des motorischen Nervenendorganes sich vorfindet. Nach den einen Autoren, nach Doyère, Greeff, Quatrefages, Köllicker, Meissner, Wedl, Walther, Munk, Waldeyer, Moxon, Trinchese, Maddox und Bütschli enden die Nerven an den Muskelfasern in Nervenhügeln, die sich als direkte Verbreiterungen oder Anschwellungen des Nervenfaser-Endes darstellen. Andere Forscher, wie Kühne, Schönn, Rouget und Engelmann behaupten dagegen, dass im Nervenhügel der Wirbellosen (Arthropoden) erst das aus Fasern bestehende Endorgan der Nervenfaser gelegen sei. —

Prüfen wir nun diese Angaben in Bezug auf ihre principielle Uebereinstimmung mit den bei den Wirbelthieren aufgefundenen Verhältnissen, so ergibt sich, dass die ersterwähnte Endigungsform der motorischen Nerven bei den Wirbellosen der Grundform der motorischen Nervenendorgane entspricht, während die zweite bei den Wirbellosen aufgefundene Art der Endigung der motorischen Nerven, wie mir scheint, den aus Fasern bestehenden, ebenfalls in Nervenhügeln eingebetteten Endausbreitungen der Muskelnerven entspricht, welche die höheren Formen der motorischen Endorgane der Wirbelthiere darstellen. Da nun der in einfachen Anschwellungen sich ausprägende motorische Nervenendapparat bei nieder organisirten Wirbellosen, bei Echinodermen nach Trinchese, bei Nematoden nach Meissner, Wedl, Walther, Munck und Bütschli, bei niederen Arthropoden nach Doyère und Greeff, bei Bryozoen nach Trinchese sich findet, während die im Nervenhügel eingeschlossenen Faserausbreitungen bei höher organisirten Wirbellosen (hochstehenden Arthropoden) gefunden werden, andererseits aber die einfache Anschwellung die einfachste Form darstellt, unter welcher bei den Wirbelthieren das motorische

Nervenendorgan auftritt, so mag die Hypothese vielleicht nicht unbegründet erscheinen, dass eine einfache Anschwellung der Nervenfaser in der ganzen Thierreihe die Grundform des motorischen Nervenendorgans darstellt. Gehen wir somit von dieser Form, um das in der Endigung der Muskelnerven sich aussprechende Princip zu entwickeln, aus, so kommen wir, wenn wir hiebei den Kühne'schen Satz der Oberflächen-Vermehrung berücksichtigen, zu folgendem Schlusse: Das Princip der motorischen Nervenendigung ist Oberflächen-Vermehrung. Die einfachste Art dieser ist eine einfache Verbreiterung oder Anschwellung der Nervenfaser, die sich mit der contractilen Substanz in Verbindung setzt. Zum Behufe weiterer Oberflächen-Vermehrung complicirt sich diese einfache Endanschwellung der Nervenfaser durch Verzweigung und bildet so die aus flächenhaften Faserausbreitungen bestehenden Endorgane der höchst-organisirten Thiere.

Da nun die in einfachen Anschwellungen sich aussprechende Endigungsform der motorischen Nerven, wie erwähnt, bei Thieren sich findet, die am Ende der Thierreihe stehen, und die höheren Formen der motorischen Nervenendorgane von dieser einfachen Anschwellung sich ableiten lassen, kann man vielleicht annehmen, dass die motorischen Nervenendorgane systematisch einen Entwicklungsgang durchmachen, der mit der einfachen Endanschwellung der motorischen Nervenfaser beginnt und mit den ausgebildeten Endplatten aufhört. In Bezug auf die embryonale Entwicklung des motorischen Nervenendorgans liegen bis jetzt leider nur die schönen Beobachtungen Calberla's vor, die ich früher bereits besprochen. Indem nun die Masse, aus welcher nach Calberla bei

den Amphibien das terminale Fasersystem hervorgeht, sich wie eine terminale Verbreiterung des Axencylinders zu verhalten scheint, entwickelt sich bei dem Individuum der höher organisirten Thiere das motorische Nervenendorgan vielleicht stets ebenfalls aus der Form der einfachen Endanschwellung. Phylogenetischer wie ontogenetischer Entwicklungsgang fallen somit, wie nach dem jetzigen, dürftigen Stand unserer Kenntnisse vermuthungsweise angenommen werden kann, für das motorische Nervenendorgan der Thiere zusammen. Die Form der einfachen Endanschwellung, wie sie bei den ersten Klassen der Wirbelthiere in einzelnen Fällen auftritt, ist sonach vielleicht als ein Stehenbleiben auf der ersten embryonalen Entwicklungs-Stufe der primitiven Anschwellung zu betrachten, könnte aber auch wie ein Rückschlag in die unentwickelte Organisations-Form, die sich bei niederen Thieren findet, aufgefasst werden. —

Es erübrigt uns jetzt noch, auf das Verhältniss des motorischen Nervenendorgans zur Muskelsubstanz einzugehen. Dasselbe fassen für die Wirbelthiere beinahe alle Autoren als in einem Contact sich aussprechend auf, nur Engelmann[1]) behauptet einen substantiellen Uebergang der nervösen und contractilen Substanz. Dass die Annahme Engelmann's aber sich nicht richtig verhält, habe ich bei Besprechung der Controverspunkte bereits dargethan. Für die Wirbellosen behaupten Waldeyer, Greeff und Maddox ausdrücklich nur einen Contact zwischen der nervösen Endanschwellung und der Muskelfaser, während Qua-

[1]) Nr. 57 pag. 31 ff. u. 37, ferner Nr. 94.

trefages, Meissner, Wedl, Walther, Mauk und Bütschli eine Continuität zwischen der Endanschwellung der Nervenfaser und der contractilen Substanz annehmen. Berücksichtigen wir nun, um das Verhältniss zwischen dem Nervenendorgan und der contractilen Substanz näher zu beleuchten, die durch eigene Untersuchung erhaltenen Resultate, so finden wir, dass bei den 4 ersten Klassen der Vertebraten die das nervöse Endorgan bildenden Fasern nicht in Continuität mit der Muskelsubstanz stehen, sondern scharf von derselben abgesetzt sind. Bei den Amphibien treten nun, wie oben erwähnt, die Terminalfasern in unmittelbaren Contact mit der Muskelfaser, während bei den 3 ersten Klassen der Wirbelthiere zwischen das Terminalorgan der Muskelnerven und die contractile Substanz sich eine Art von Unterlage-Material, die Kühne'sche Plattensohle einschiebt, von welcher vielleicht anzunehmen ist, dass sie die Beziehungen der nervösen und contractilen Substanz vermittelt. Das Vorhandensein dieser Substanz zwingt uns aber zu der Annahme, dass bei den 3 ersten Klassen der Wirbelthiere der Contact zwischen Nerven- und Muskelsubstanz ein mittelbarer wird, während er bei den Amphibien noch ein unmittelbarer ist. Für die Wirbellosen muss namentlich nach den Beobachtungen von Greeff, der das fragliche Verhältniss eigens bespricht, für einzelne Fälle wenigstens sicherlich nur ein Contact zwischen nervöser und contractiler Materie angenommen werden. Nachdem aber die Beobachtungen von Wedl, Meissner, Walther, Mauk und Bütschli zur Annahme einer Continuität beider Substanzen für die Nematoden geführt haben, müssen wir nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse die Vermuthung aufstellen, dass bei den Wirbellosen die Beziehungen zwischen Nerven- und Muskelsubstanz in einem Contacte sich aussprechen, der bei den niederen Organisationsformen vielleicht in eine Conti-

nuität übergeht. Für die letztere Annahme spricht noch das Verhältniss der motorischen Nervenendigung bei Hydra, dem am tiefsten stehenden Thiere, für welches die Beziehungen der nervösen und contractilen Substanz bekannt sind. Bei diesem Thiere hat bekanntlich Kleinenberg [1]) die Entdeckung gemacht, dass die Zellen des Ektoderms in die Muskelfasern direct übergehen, d. h. dass die Muskelfasern nur Ausläufer der die Reize der Aussenwelt aufnehmenden Ektodermzellen sind [2]). Die den Reiz aufnehmenden und fortleitenden und die contractilen Elemente bilden somit bei Hydra ein Continuum und werden desswegen von Kleinenberg als Neuromuskel-Zellen bezeichnet. [3]) Es mag sonach wohl als möglich bezeichnet werden, dass bei den niederen Thieren zwischen Nerven- und Muskelsubstanz eine Continuität sich herstellt, die mit der fortschreitenden Differenzirung erst in einen Contact sich umwandelt. Ob aber dieses der Fall ist, wie die fortschreitende Differenzirung der nervösen und contractilen Substanz in der Thierreihe sich gestaltet und in welchen Klassen der Wirbellosen sie eintritt, darüber müssen weitere Untersuchungen entscheiden.

Indem ich nun, in Zusammenfassung der Aufschlüsse, die sich in Bezug auf die Endigung der Muskelnerven aus den in der Literatur enthaltenen Angaben und aus den durch eigene Untersuchung erhaltenen Befunden ergeben, auf die am Eingang meiner Arbeit aufgeworfene Frage nach den näheren Beziehungen des Nervenfaserendes zur Muskelfaser zurückkomme, so ergeben sich in Betreff derselben folgende Sätze:

1. Die Verbindung von Nervenfaser und Muskelfaser kommt principiell dadurch zu Stande,

---

[1]) Nr. 101. — [2]) Nr. 101 pag. 10 ff. — [3]) Nr. 101 pag 26.

dass die Nervenfaser mittelst einer einfachen Verbreiterung ihres Endes mit einer Stelle der contractilen Faser direct in Contact, bei den niederen Thieren vielleicht in Continuität tritt.

2. Bei höherer Ausbildung der Organisations-Verhältnisse verzweigt sich die terminale Anschwellung der Nervenfaser behufs weiterer Oberflächen-Vermehrung und tritt mit dieser terminalen Verästelung mit der Muskelsubstanz entweder in unmittelbaren oder mittelbaren Contact.

Literatur-Verzeichniss.

1. Prèvost u. Dumas in: Magendie's Journ. de Physiol. Tom. III. 1823. pag. 301.
2. Valentin in: Nov. Act. Akad. Leop. Vol. XVIII. 1836. Tom. I. pag. 1.
3. Emmert, Ueb. d. Endigung d. Nerven in d. Muskeln. Bern 1836.
4. Burdach, Beitr. z. mikr. Anat. d. Nerven. Königsberg 1837.
5. Carus in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1839. pag. 366.
6. Schwann in: Joh. Müller's Physiologie. II. Bd. 1840. pag. 54.
7. Doyère in: Ann. des scienc. natur. — Zoologie. 2. Série. Vol. XIV. 1840. pag. 346.
8. Gerber, Handb. d. allg. Anatomie. 1840. pag. 157.
9. Remak in: Archiv f. Anat. u. Physiol. 1843. pag. 182.
10. Quatrefages in: Ann. des scienc. natur. — Zoologie. 2. Série. Vol. XIX. 1843. pag. 299.
11. E. Brücke u. Joh. Müller in: Joh. Müller's Handb. d. Physiol. 4. Aufl. 1844. Bd. I. pag. 524.

12. Günther, Allg. Physiol. Leipzig 1845. Bd. I. pag. 422.
13. Wagner, Neue Untersuchungen üb. d. Bau u. d. Endigung d. Nerven etc. Leipzig 1847.
14. Ders. in: Handwörterb. d. Physiol. Bd. III. Abth. I. pag. 307.
15. Stannius, d. peripher. Nervensyst. d. Fische. Rostock 1849. ref. in Götting. Nachr. 1850.
16. Carus, Syst. d. Physiol. Thl. 2. Leipz. 1849. pag. 254.
17. Köllicker, Mikroskop. Anatomie. Bd. II. Abtheil. I. 1850. pag. 241.
18. Reichert in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1851. pag. 29.
19. Köllicker, Handb. d. Gewebelehre. 1. Aufl. Leipzig 1852. pag. 183.
20. Axmann, Beitr. z. Anatomie des Ganglien-Nervensystems. 1853. pag. 60.
21. Meissner in: Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. V. 1854. pag. 207.
22. Ders. in ders. Zeitschr. Bd. VII. 1856. pag. 1.
23. Köllicker, Handb. d. Gewebelehre. 2. Aufl. Leipzig 1855. pag. 200.
24. Wedl in: Wiener Sitzungsber. Bd. XVII. 1855. pag. 298.
25. Walther in: Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. VIII. pag. 163.
26. Leydig, Lehrb. d. Histologie. Frankfurt 1857. pag. 186.
27. Munk in: Götting. Nachr. 1858. No. 1. pag. 11.
28. Köllicker, Handb. d. Gewebelehre. 3. Aufl. 1859. pag. 184.
29. Frey, Lehrb. d. Histol. u. Histochemie. 1. Aufl. 1859. pag. 384.
30. Schaafhausen in: Amtl. Ber. d. Naturf.-Vers. zu Bonn 1859. pag. 193.
31. Kühne in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. pag. 564.
32. Ders. Myolog. Untersuchungen. Leipzig 1860. pag. 68.

33. Beale in: Proceed. of the Royal Society of London. 1860. Vol X. pag. 519.
34. Ders. in: Philosoph. Transact. 1861. pag. 611.
35. Kühne in: Comptes rendues. 1861. pag. 316.
36. Margo in: Sitzungsber. d. Ungar. Akademie d. Wiss. 1861. 14. Okt.
37. Aeby in: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. XIV. 1862. pag. 182.
38. Kühne, Ueb. d. peripher. Endorg. d. motor. Nerven. Leipzig 1862.
39. Köllicker in: Würzburger naturwiss. Zeitschr. Bd. III. 1862. pag. 1.
40. Kühne in: Virchow's Archiv. Bd. 24. pag. 462.
41. Naunyn in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. pag. 481.
42. Krause in: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. XV. 1862. pag. 188.
43. Köllicker in: Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XII. pag. 149.
44. Margo, Ueb. d. Endigung d. Nerven in d. quergestr. Muskelsubst. Pest 1862.
45. Manz in: Freiburger Berichte 1862. pag. 395.
46. Beale in: Arch. of Med. Vol. III. 1862. pag. 257.
47. Ders. in: Philosoph. Transact. 1862. pag. 889.
48. Schiff in: Schweizer. Zeitschrift f. Heilkunde. 1852. pag. 171.
ref. in Canstatt's Jahresber. 1862. pag. 59.
49. Frey in: Canstatt's Jahresber. 1862. pag. 60.
50. Rouget in: Comptes rendues. Tom. LV. 1862. p. 548
ref. in Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1863. No. 18. pag. 276.
51. Krause in: Götting. Nachr. 1863. No. 2 u. 3.
ref. in Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1863. No. 11. pag. 161.

52. Beale in: Proceed. of the Royal Soc. of London. 1863. pag. 136.
53. Ders. in: Quarterl. Journ. of mikr. Science. 1863. pag. 97.
54. Engelmann in: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. No. 19. pag. 289.
55. Waldeyer in: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. No. 24. pag. 368.
56. Krause in: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 18. 1863. pag. 136.
57. Engelmann, Untersuchungen üb. d. Zusammenhang von Nerven- u. Muskelfaser. Leipzig 1863.
58. Peremeschko in: Virch. Archiv. Bd. 27. 1863. pag. 116.
59. Kühne in: Virch. Arch. Bd. 27. 1863. pag. 508.
60. Letzerich in: Correspondenzbl. d. deutschen Gesellschaft f. Psychiatrie. 1863. No. 11 u. 12.
61. Ders. in: Med. Centralztg. 1863. No. 37.
ref. in Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. No. 27. pag. 431.
62. Cohnheim in: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1863. No. 55.
63. AxelKey in: Forhandlinger vid skandinaviska naturforskamoetet. Stockholm 1863.
ref. in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXX. pag. 54.
64. Krause in: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XX. 1863. pag. 1.
65. Ders. in: Götting. Nachr. 1863. No. 18.
66. Rouget in: Journ. de la Physiol. 1863. Tom. V. pag. 574.
67. Waldeyer in: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XX. 1863. pag. 242.
68. Kühne in: Comptes rendues. 1864. Tom. LVIII. pag. 1025.
69. Ders. in: Virch. Arch. Bd. XXIX. 1864. pag. 207.

70. Ders. in: Virch. Arch. Bd. XXIX. 1864. pag. 433. ref. in Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864. No. 24.
71. Krause in: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXI. 1864. pag. 77.
72. Kühne in: Virch. Arch. Bd. XXX. 1864. pag. 187.
73. Beale in: Arch. of Med. Vol. IV. 1864. pag. 161.
74. Ders. in: Transact. of the mikr. Soc. 1864. pag. 11.
75. Schönn, Untersuchungen im Bereiche d. Muskel- u. Nervengewebes. Stettin 1864.
76. Engelmann in: Jena'ische Zeitschr. f. Med. Bd. I. 1864. pag. 322.
77. Leydig, V. Bau d. thier. Körpers. Bd. I. Tübingen 1864. pag. 100.
78. Rouget in: Compt. rend. Tom. LIX. pag. 809.
79. Ders. in: Compt. rend. Tom. LIX. pag. 851.
80. Krause in: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXIII. 1865. pag. 157.
81. Cohnheim in: Virch. Arch. Bd. XXXIV. 1865 pag. 193.
82. Kühne in: Virch. Arch. Bd. XXXIV. 1865. pag. 412.
83. Beale in: Proceed. of the Royal Society of London. 1865. pag. 229.
84. Greeff in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865. pag. 101.
85. Ders. in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865. pag. 437.
86. v. Hessling, Grundzüge d. Gewebel. d. Menschen. Leipzig 1865.
87. Moxon in: Quarterly Journ. of mikr. Science. 1866. pag. 235.
88. Ders. in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. II. 1866. pag. 262.
89. Schönn in: Jena'ische Zeitschr. f. Med. Bd. II. pag. 41.
90. Trinchese, Memoria sulla terminazione periferica dei nervi motori nelli serie degli animali. Genova 1866.
91. Ders. in: Journ. de l'anat. et de la physiol. 1867. pag. 485.

92. Maddox in: Proceed. of the Royal Society of London. 1867. pag. 60.
ref. in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXXII. pag. 48.
93. Köllicker, Handb. d. Gewebelehre. 5. Aufl. 1867. pag. 168.
94. Engelmann in: Jena'ische Zeitschr. f. Med. Bd. IV. 1868. pag. 307.
95. Krause in: Götting. Nachr. 1868. No. 18. pag. 382.
96. Ders. in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. pag. 646.
97. Ders. in: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XXXIV. 1868. pag. 110.
98. Ders. in: Zeitschr. f. Biologie. Bd. V. 1869. pag. 412.
99. Ders., D. motor. Endplatten d. quergestr. Muskelfasern. Hannover 1869.
100. Kühne in: Stricker's Handb. d. Gewebelehre. 1871.
101. Kleinenberg, Hydra. Eine anatom.-entwicklungsgeschichtl. Studie. Leipzig 1872.
102. Tergast in: Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. IX. 1873. pag. 36.
103. Arndt in: Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. IX. 1873. pag. 481.
104. Gerlach in: Sitzungsber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen. 1873. H. V. pag. 97.
105. Budge in: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. No. 38. pag. 594.
106. Bütschli in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. X. 1874. pag. 329.
107. Boll in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. X. 1874. pag. 101 u. 253.
108. Frey in: Lehrb. d. Histologie u. Histochemie. 4. Aufl. 1874. pag. 329.
109. Gerlach, D. Verhältn. d. Nerven z. d. willkührl. Muskeln d. Wirbelth. Leipzig 1874.

110. Calberla in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXIV. pag. 164.
111. Sokolow in: Arch. de physiol. norm. et pathol. 2me Serie. Tom. I. pag. 300.
ref. in: Hofmann's u. Schwalbe's Jahresber. Bd. III. 1874. pag. 121.
112. Gerlach in: Tageblatt der 48. Vers. deutscher Naturf. in Graz. 1875. pag. 66.
113. Ders. in: Berl. klin. Wochenschr. Nr. 45. 1875. pag. 613.
114. Engelmann in: Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. XI. pag. 463.
115. Calberla in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. XI. 1875. pag. 442.
116. Krause in: Lehrb. d. Anat. v. C. Fr. Th. Krause herausgeg. v. W. Krause. Hannover 1876. Bd. I. pag. 491,
117. Fischer in: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. Nr. 20. pag. 354.
118. Ewald in: Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. XIII. 1876. pag. 170.
119. Krause in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1876. pag. 170.
120. Fischer in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1876. pag. 365.
121. Gerlach in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1876. pag. 399.
122. Biedermann in: Wiener Sitzungsbericht. 74. Bd. Jahrg. 1876. Abth. III. Juli-Heft.